Comune di Spirano (BG)

Largo Europa
24050 Spirano (BG)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011 D.G.R. n. X/6738 del 19/06/2017 D.G.R. n. XI/6702 del 18/07/2022

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 – 030.7401749 - Fax 030.7402017 - www.ecosphera.net - mail:info@ecosphera.net

Referente Dott. Geol. Marco Carraro

Data emissione 09/2024
Commessa 22/1178
File J:\PRG - PGT\Spirano\2022\RelGeoAggiornamento 2023-02 Spirano.docx

INDICE

1. INTRODUZIONE 5

2. SINTESI BIBLIOGRAFICA 6

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 7

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 8

4.1. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE 9

4.1.1. COMPLESSO DEL SERIO (PLEISTOCENE SUPERIORE) 9

4.1.1.1. Unità di Cologno (Pleistocene Superiore) 9

4.2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 10

4.3. CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE 10

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE 11

5.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 11

5.2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI 11

6. PERICOLOSITÀ SISMICA 12

6.1. INTRODUZIONE 12

6.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA 14

6.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 15

6.4. APPROFONDIMENTO SISMICO DI 2° LIVELLO 16

6.4.1. TECNICHE D'INDAGINE 16

6.4.1.1. MASW 16

6.4.1.2. HOLISURFACE 17

6.4.1.3. HVSR 17

6.4.2. SITO A – C.NA S. GIUSEPPE 19

6.4.2.1. Elaborazione indagine sismica 20

6.4.3. SITO B – C.NA S. PIETRO 22

6.4.3.1. Elaborazione indagine sismica 23

6.4.4. SITO C – SCUOLA ELEMENTARE 25

6.4.4.1. Elaborazione indagine sismica 25

6.4.5. APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO 27

6.4.5.1. Sito A – C.na S. Giuseppe 27

6.4.5.2. Sito B – C.na S. Pietro 29

6.4.5.3. Sito C – Scuola elementare 30

6.4.5.4. Riepilogo 32

7. SISTEMA IDROGRAFICO 33

8. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DEL PO (PGRA) 36

8.1. VALUTAZIONE RISCHIO IDRAULICO 36

8.1.1. Tr=100 anni 37
8.1.2. Tr=20 anni 38
8.1.3. Tr=200 anni 39
8.1.4. PROPOSTE D'INTERVENTO 40
8.1.4.1. Altri interventi 42
8.1.1. CONCLUSIONI 42
9. IDROGEOLOGIA 44
9.1. INTRODUZIONE 44
9.2. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE 44
9.3. PIEZOMETRIA 45
9.4. VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO 45
10. CARTA DEI VINCOLI 50
10.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) APPROVATO CON DPCM 26-10-2016 50
10.2. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA 50
10.3. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE 50
10.3.1. ZONA DI TUTELA ASSOLUTA 50
10.3.2. ZONA DI RISPETTO 50
11. CARTA DI SINTESI 52
11.1. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO 52
11.2. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO 52
11.3. AREE CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DA SCADENTI A DISCRETE 52

ALLEGATI

- All.01 – Schede pozzi
- All.02 – Sezione idrogeologica
- All.03 – Indagini geofisiche
- All.04 – Indagini geognostiche
- All.05 – Proposta di modifica delle aree allagabili

TAVOLE

- Tav.01 - Carta geologica – Scala 1:5000
- Tav.02 - Carta idrogeologica e idrografica – Scala 1:5000
- Tav.03 - Carta della Pericolosità Sismica Locale – Scala 1:5000
- Tav.04 - Carta dei Vincoli – Scala 1:5000
- Tav.05 - Carta di Sintesi – Scala 1:5000
- Tav.06 - Carta della fattibilità geologica – Scala 1:5000
- Tav.07 - Carta del PGRA – Scala 1:5000

1. INTRODUZIONE

Il Comune di Spirano (BG) è dotato di studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., redatto nel 2009 secondo i criteri e gli indirizzi contenuti nella L.R. 11 Marzo 2005 n. 12 "Legge per il Governo del Territorio" entrata in vigore in data 16 marzo 2005, a seguito della pubblicazione sul BURL.

Su incarico del Comune di Spirano (Determinazione n. 174/2022 del 02 maggio 2022) è stato predisposto il presente aggiornamento della Componente geologica del Piano di Governo del Territorio (PGT) ai sensi della D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, della D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738 e della D.G.R. 18 luglio 2022 - n. XI/6702.

L'aggiornamento della componente geologica del PGT ha le seguenti finalità:

- aggiornamento della base cartografica delle tavole presentate sostituendo il vecchio aerofotogrammetrico comunale con una versione più aggiornata;
- adeguamento dello strumento urbanistico agli strumenti di pianificazione sovraordinata (PTCP, PTR);
- recepire le aree allagabili delimitate nelle Mappe di Pericolosità del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) lungo il Reticolo Secondario di Pianura (RSP), nonché la relativa normativa ai sensi della D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738;
- modifica dei limiti relativi all'area allagabile "Torrente Morla" sulla base della proposta di modifica allegata alla presente;
- recepire eventuali modifiche della situazione geomorfologica e aggiornare i dati geologici, geotecnici e idrogeologici;
- aggiornamento della componente geologica sotto il profilo sismico, al fine di ampliare l'attuale livello conoscitivo, conformemente alle attuali disposizioni di legge (D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011), e rielaborazione degli elaborati grafici;
- approfondimento sismico di II livello;
- rielaborazione della Carta dei Vincoli conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia;
- rielaborazione della Carta di Sintesi conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia;
- rielaborazione
- della Carta di Fattibilità conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia.

La presente relazione è stata revisonata in adempimento al parere di competenza di Regione Lombardia (Prot. N.5303 del 09-05-2024).

2. SINTESI BIBLIOGRAFICA

Nella fase di analisi si è proceduto alla raccolta di tutte le informazioni disponibili sul territorio in esame attraverso la consultazione di tutte le fonti bibliografiche disponibili nonché quelle specificate all'interno dell'Allegato 1 della DGR 2616/11 aggiornato con DGR 18 luglio 2022 - n. XI/6702. Le diverse fonti reperite sono così raggruppabili:

Fonte	Documentazione soggetta ad analisi
Comune di Spirano (Bs) Ufficio Tecnico Comunale (U.T.C.)	Studio Geologico comunale redatto nell'anno 2009 a cura dello studio Arethusa S.r.l. Studio Geologico comunale redatto nell'anno 2003 a cura dello studio Eurogeo S.r.l. Schede RASDA e dati storici
Provincia di Bergamo Settore Acque	Archivio delle domande di ricerca e di concessione all'utilizzo di acque sotterranee.
Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, Regione Lombardia	Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse redatto nell'anno 2015 a cura dello Studio Telò di Parma e dell'Ing. Adriano Murachelli
Regione Lombardia (Sistema informativo territoriale)	Dati messi a disposizione dal Geoportale di Regione Lombardia
Archivio personale	Studi geologici e geotecnici eseguiti in corrispondenza del territorio comunale.

È stato inoltre contattato il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca operante sul territorio comunale nella figura del suo Presidente o dei loro Tecnici di riferimento al fine di reperire informazioni riguardo allo stato dei luoghi.

Per quanto riguarda una visione completa dei documenti considerati in tale fase e dei dati estratti da ciascuno si rimanda alla lettura dei singoli capitoli, degli allegati e della bibliografia.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale ha estensione di circa 9,3 kmq e si colloca all'interno della media pianura bergamasca, in corrispondenza della prima linea delle risorgive, nota anche come Piano Generale Terrazzato (P.G.T.) o Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.). L'elevazione media sul livello del mare è di circa 155 m, con quote comprese tra 173 m s.l.m. presso il confine settentrionale e 140 m s.l.m. in corrispondenza dell'estremità sud. Nell'insieme la superficie topografica immerge verso meridione, con pendenza del 7 ‰ circa (Figura 3). Il tessuto urbano è costituito da un nucleo principale posizionato nella zona centrale del territorio comunale.

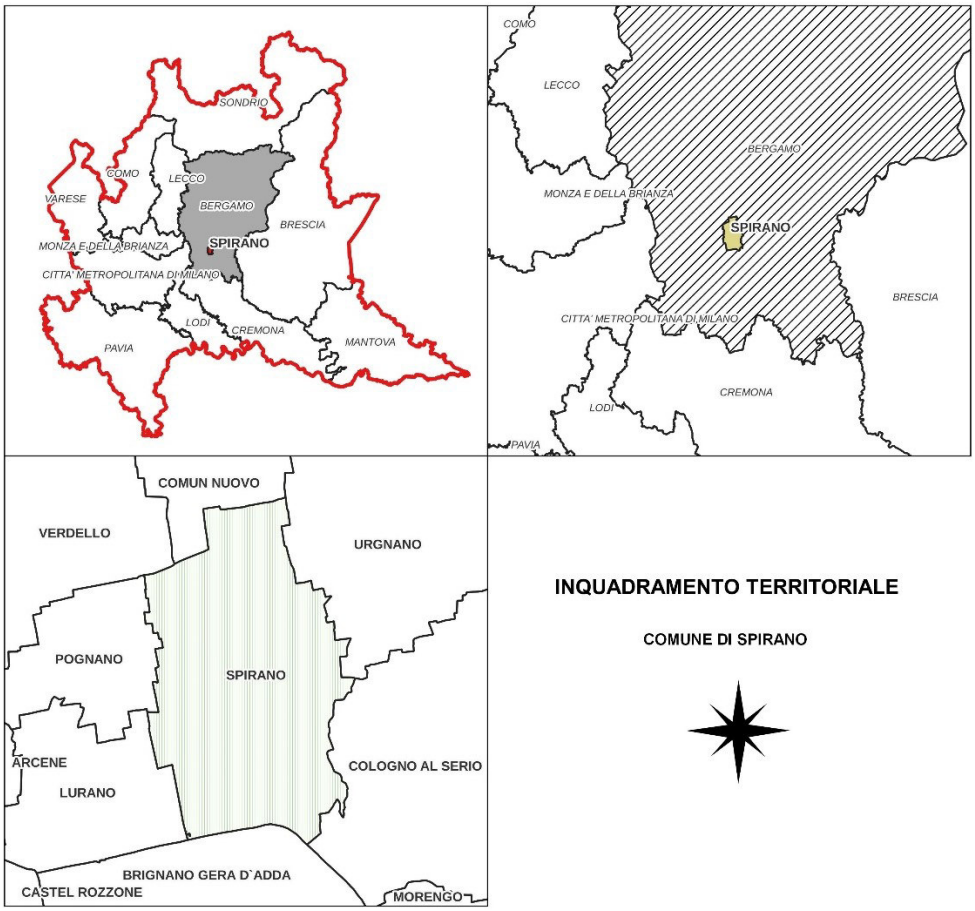


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area in esame

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il territorio comunale di Spirano (BG) risulta caratterizzato dai depositi fluvioglaciali appartenenti al Complesso del Serio (rif. 94b nell'estratto cartografico di seguito riportato).
In particolare tali depositi appartengono all'Unità di Cologno, costituita da ghiaie poligeniche a supporto clastico da arrotondate a subarrotondate; matrice sabbiosa calcarea. La superficie limite superiore è caratterizzata da Alfisuoli da mediamente a poco espressi, con matrice decarbonatata fino a 1,1 m.

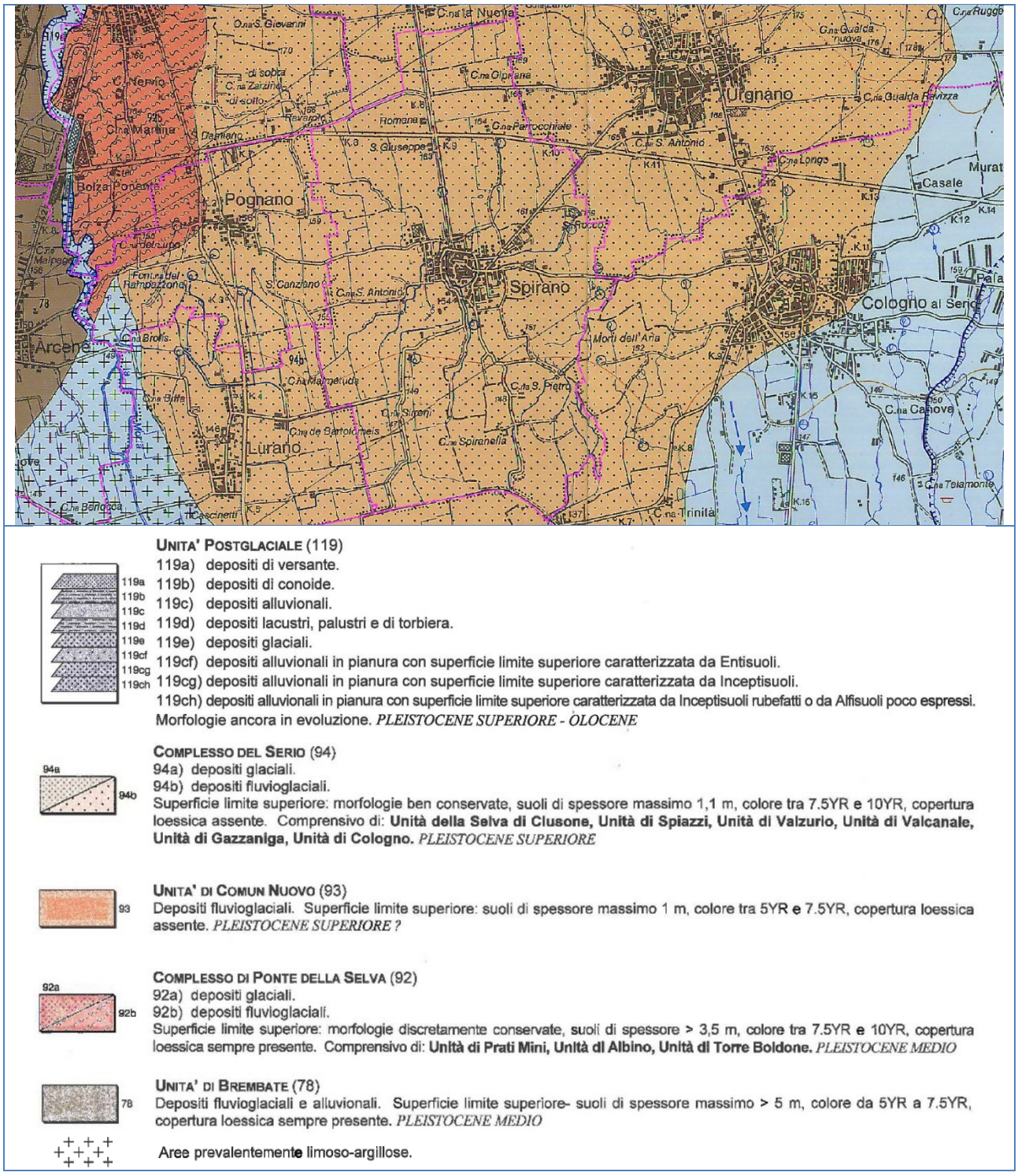


Figura 2: Estratto Carta Geologica della Provincia di Bergamo 1:50.000 con sovrapposizione confini comunali

4.1. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

4.1.1. COMPLESSO DEL SERIO (PLEISTOCENE SUPERIORE)

Il Complesso del Serio viene definito nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo e comprende diverse Unità, tra cui quella di Cologno, affiorante sul territorio comunale di Spirano. In linea generale, il Complesso, risulta costituito da due differenti tipologie di depositi: fluvioglaciali e glaciali. Questi ultimi sono costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice limoso sabbiosa, non presenti sul territorio comunale, mentre i depositi fluvioglaciali, i quali ricoprono l'intera superficie di Spirano, sono caratterizzati da ghiaie a supporto clastico o di matrice con ciottoli arrotondati, da sabbie laminate e da limi di esondazione. Sono abbondanti i clasti provenienti dall'alta Valle Seriana e di provenienza esclusivamente locale. La superficie del limite superiore del Complesso è caratterizzata da morfologie ben conservate e suoli di spessore massimo di circa 1,0 m, di colore tra 7.5YR e 10YR. La copertura loessica è assente (*Carta Geologica della Provincia di Bergamo – Note Illustrative, 2000*).

4.1.1.1. Unità di Cologno (Pleistocene Superiore)

L'Unità di Cologno è compresa nel Complesso del Serio ed affiora in corrispondenza di tutto il territorio comunale. Precedentemente tale Unità era indicata dagli autori precedenti come "LFP", ovvero Livello Fondamentale della Pianura (fluvioglaciale ghiaioso, alterato per circa 1 m) ed è rappresentata da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie poligeniche a supporto clastico; da arrotondate a subarrotondate e discoidali in matrice sabbiosa calcarea. Localmente sono presenti coperture dovute alla presenza di limi di esondazione (*Carta Geologica della Provincia di Bergamo – Note Illustrative, 2000*).

- LITOLOGIA - L'Unità di Cologno è composta da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico (Gm) con matrice sabbiosa, prevalentemente da medio-grossolane a grossolane, in subordine molto grossolane con locale presenza di massi. Si presentano da mediamente selezionate a ben selezionate nelle aree più a S; da arrotondate a subarrotondate e discoidali. La stratificazione si presenta suborizzontale grossolana; in subordine incrociata concava (Gt). La gradazione è diretta e l'embricatura a basso angolo. Sono presenti strati sabbiosi e lenti a laminazione orizzontale (Sh) ed incrociata a basso angolo (SI) e locali lenti limose (Fl). Localmente la sommità mostra una copertura di limi argillosi probabilmente dovuta alla presenza di depositi di esondazione. Le ghiaie sono di natura prevalentemente carbonatica;
- MORFOLOGIA - L'unità di Cologno rappresenta una fase di deposizione fluvioglaciale legata ad un regime di tipo braided river, cronologicamente intermedia fra l'Unità di Comun Nuovo e le alluvioni postglaciali. Gli orli di terrazzo che la delimitano dall'Unità Postglaciale (attuale Sintema del Pò) si riducono sempre più fino a scomparire provocando il progressivo ricoprimento dell'Unità di Cologno ad opera delle alluvioni dell'Unità Postglaciale del Serio. L'Unità è spesso caratterizzata in superficie da aree a pietrosità eccessiva, localmente associate a morfologie blandamente convesse accompagnate da aree con morfologie blandamente concave (dislivelli massimi di 2-3 m, più comunemente non superiori ad 1 m). In assenza di ulteriori dati risulta difficoltosa l'interpretazione di queste strutture che, comunque, sembrano essere geneticamente collegate alla fase deposizionale che ha sedimentato l'unità;
- RAPPORTI STRATIGRAFICI - Il limite superiore dell'unità è caratterizzato da morfologie terrazzate ben conservate, con orli di terrazzo evidenti, ma che, spostandosi verso S, tendono a ridursi progressivamente fino a scomparire; i suoli presentano un orizzonte argillico poco spesso e fronte di decarbonatazione con profondità massima osservata di 1,1 m. Localmente si riscontra una copertura di limi che troncano la sequenza pedologica originaria. Il limite inferiore dell'unità, è marcato dal passaggio ad un suolo sepolto e localmente ai Conglomerati di Seriate. I rapporti con le unità del

Pleistocene superiore dei bacini del Brembo, del Cherio e, nella parte medio bassa in sponda sinistra, dell'Oglio (Complesso dell'Oglio) non sono visibili a causa dell'interposizione dei depositi dell'Unità Postglaciale; i rapporti con le rimanenti unità del Complesso del Serio non sono visibili in affioramento.

4.2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale di Spirano sono state desunte mediante la consultazione delle indagini geognostiche eseguite dallo scrivente in corrispondenza dell'area, nonché riferendosi ai dati disponibili in bibliografia e negli studi geologici eseguiti precedentemente.

Sostanzialmente si evidenzia la presenza di due macroaree aventi caratteristiche geotecniche omogenee. La prima, distribuita sulla maggior parte del territorio comunale e comprendente i settori occidentale e settentrionale, presenta caratteristiche geotecniche che vanno da buone a discrete, caratterizzata dalla presenza di un sottile strato di copertura costituito generalmente da terreno vegetale al quale soggiacciono depositi sabbioso ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi che presentano buone caratteristiche meccaniche. La seconda è distribuita in prevalenza nel settore sudorientale ma coinvolge parzialmente anche il nucleo urbano e presenta uno strato di copertura di spessore maggiore, costituito, oltre che da terreno vegetale, anche da limi argilloso sabbiosi associati a ghiaie in subordine, aventi caratteristiche meccaniche da discrete a scadenti. Lo spessore di questo livello è generalmente compreso tra 1.0 e 2.0 metri. Al di sotto sono presenti depositi ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi come nel resto del territorio comunale.

4.3. CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

I profili pedologici maggiormente diffusi sull'Unità di Cologno mostrano un colore dell'orizzonte argillico variabile dal bruno scuro al bruno giallastro scuro (da 7.5YR a 10YR tra 4/3 e 4/4), raramente bruno rossastro SYR4/4); i limi argillosi presenti localmente alla sommità delle ghiaie presentano un colore bruno scuro (da 7.5YR a 10YR, da 4/3 a 4/4) e sono caratterizzati da Inceptisuoli o Alfisuoli poco espressi. L'orizzonte argillico sviluppato sulle ghiaie presenta spessori variabili da 20 a 60 cm; il fronte di decarbonatazione (riferito alla matrice) raggiunge una profondità massima osservata di 110 cm, ma localmente è presente una matrice calcarea già a 50 - 60 cm. Nell'orizzonte c si trovano comunemente concrezioni calcaree.
In netto subordine sono stati rinvenuti anche suoli con minore grado di evoluzione (Inceptisuoli) probabilmente condizionati da fattori erosivi locali, nelle aree meridional della provincia si riscontrano abbastanza comunemente suoli con caratteri idromorfi (pseudogley e screziature). La granulometria è scheletrico-franca; la pietrosità di superficie è elevata, moderata nelle aree a limi sommitali; localmente sono state riscontrate aree allungate e sinuose caratterizzate da pietrosità eccessiva, con ciottoli molto grossolani e in qualche caso anche massi. I suoli dominanti sviluppati su questa unità rientrano genericamente nell'ordine degli Alfisuoli (*Carta Geologica della Provincia di Bergamo – Note Illustrative, 2000*).

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

5.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico attuale risente principalmente dell'azione delle dinamiche fluviali e fluvioglaciali e del prolungato impatto antropico nel tempo.
Il territorio di Spirano si presenta discretamente omogeneo dai punti di vista fisiografico e geologico. Si distingue una sola unità fisiografica principale, dalla quale si differenziano, come unico elemento significativo, i diversi fontanili. L'unità fisiografica appartiene al cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura formatosi a causa di processi di tipo alluvionale avvenuti nel Pleistocene superiore, nell'ambito di un ambiente di conoide pedemontana correlata all'attività deposizionale del fiume Serio.
La geomorfologia dell'area riflette, in sostanza, i meccanismi di deposizione tipici della conoide del Serio. Si tratta infatti di conoidi fluvioglaciali e fluviali progradanti sotto forma di ventagli dal margine pedemontano verso il depocentro padano. Restano perciò tracce degli assi vallivi, delle aree itervallive e della convessità dei ventagli di deposizione. Sulla base di queste considerazioni, l'area è morfologicamente stabile, non essendo soggetta a rimodellazione fluviale postglaciale con obliterazione delle antiche forme. Tale fatto è confermato anche dai caratteri dei suoli, che, nella zona, sono Alfisol, da moderatamente profondi a profondi e ben sviluppati (*Studio Geologico, Eurogeo, 15-01-2002*).

5.2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Gli unici elementi geomorfologici di rilievo presenti nel monotono paesaggio pianeggiante di Spirano sono le blande ondulazioni di forma allungata aventi orientazione grossomodo NNE-SSW, interpretabili come antichi dossi fluviali. Sono inoltre presenti numerose evidenze di paleoidrografia (antichi alvei), attualmente inattivi, nonostante la leggibilità di questi elementi sia molto discontinua. Un'altra evidenza di attività geomorfica a carattere alluvionale è data dalla presenza di ridotte scarpate d'erosione intorno alle teste e alle aste dei fontanili.

6. PERICOLOSITÀ SISMICA

6.1. INTRODUZIONE

La valutazione del rischio sismico di un territorio prevede, inizialmente, la verifica della sua collocazione nell'ambito della zonazione sismogenetica del territorio nazionale. La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone. L'obiettivo di questa ricerca è stata la realizzazione di un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro tettonico oggi disponibile. Il contesto geologico strutturale in cui si colloca il territorio di Spirano fa parte della provincia tettonica dall'Arco Alpino, caratterizzata da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e da faglie inverse associate.
La zona 907, in cui ricade il Comune di Spirano, include la parte meridionale delle provincie di Bergamo e Brescia ed è caratterizzata normalmente dà una sismicità medio-bassa, fatta eccezione per il terremoto di Soncino (1802) a cui viene associata una magnitudo intorno a 5.9. I meccanismi di fagliazione, responsabili della generazione dei terremoti, sono prevalentemente di tipo compressivo (faglie inverse) e le profondità ipocentrali sono mediamente comprese tra 5 e 8 km, poste in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria.

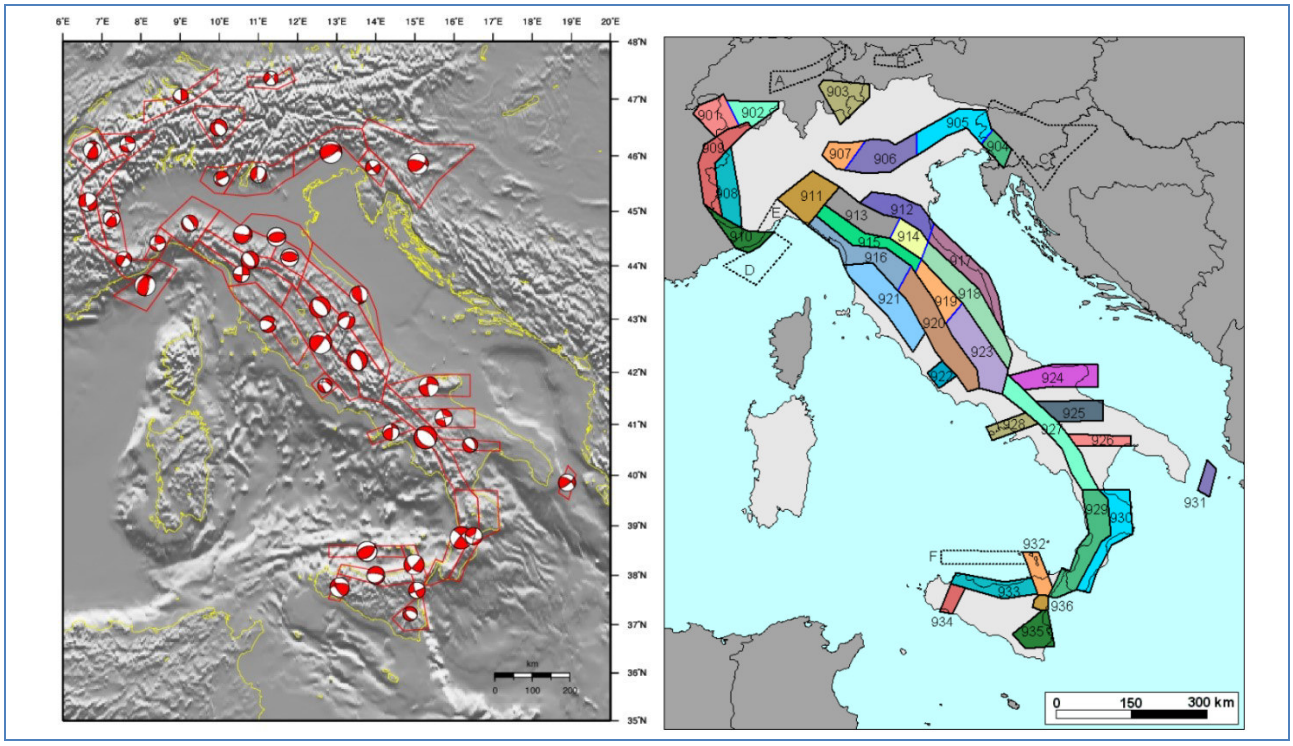


Figura 3: (A sx) Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone. (A dx) Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica.

La sismicità di questa zona è legata alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale della pianura si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale. I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene Medio-Superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico.

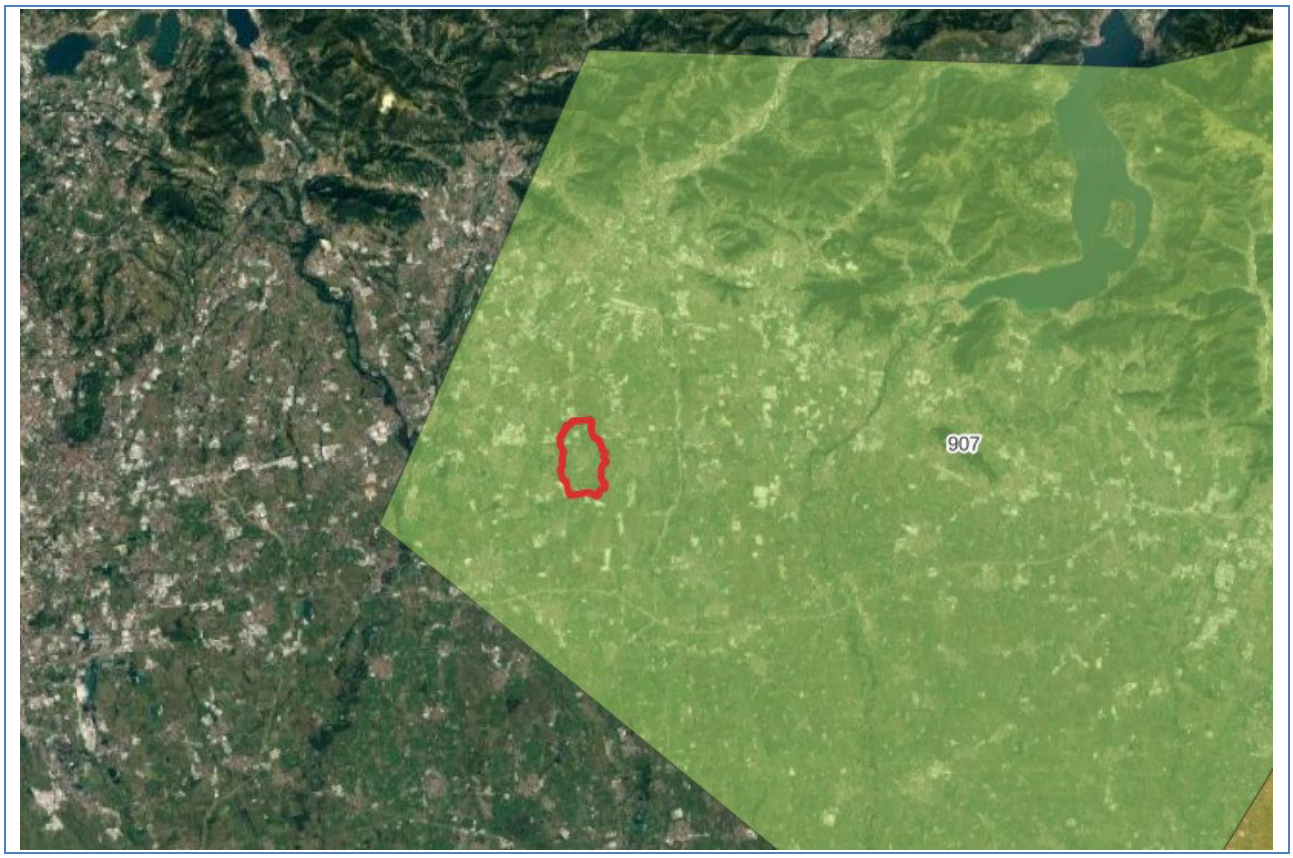


Figura 4: Ubicazione del comune di Spirano rispetto alla zonazione sismogenetica ZS9

La consultazione del database macrosismico italiano ha fornito poche informazioni per quanto riguarda il comune di Spirano, mentre per il comune di Treviglio, distante solo 9 km in direzione ovest, è stato possibile ottenere una quantità di dati maggiore che forniscono un panorama più completo della storia sismica dell'area. In Tabella 1 vengono quindi riportati i dati relativi alla zona sismogenetica 907, pubblicati dal gruppo di lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) in termini di numero di eventi distinti per classi di magnitudo, magnitudo massima, classi di profondità e profondità efficace, mentre in Tabella 2 sono riportati i principali eventi con le relative aree epicentrali, oltre ad altre informazioni quali intensità ed anno e mese di accadimento. Nello specifico si individuano 23 episodi sismici principali che raggiungono una intensità macrosismica massima di 6-7.

Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2.5	Numero eventi Md>3	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
907	33	19	7	4.2	5-8	8

Tabella 1 - Dettaglio eventi nella zona sismogenetica 907

Int. (MCS)	N	Anno	Mese	Area epicentrale	Mw	Er. Mw
6-7	886	1781	9	Pianura lombarda	4,93	±0,46
5	980	1802	5	Valle dell'Oglio	5,6	±0,14
6	1492	1884	9	Pianura lombarda	4,7	±0,26
3-4	1524	1887	2	Liguria occidentale	6,27	±0,1

4	1627	1894	11	Bresciano	4,89	±0,1
4	1726	1898	3	Parmense	5,37	±0,1
4-5	1802	1901	10	Garda occidentale	5,44	±0,1
NF	1925	1907	4	Veronese	4,79	±0,11
NF	2061	1912	5	Canavese	4,71	±0,27
NF	2089	1913	11	Appennino parmense	4,65	±0,13
NF	2090	1913	12	Valle Scrivia	4,57	±0,13
4	2106	1914	10	Lucchesia	5,63	±0,08
3	2208	1918	1	Pianura lombarda	4,62	±0,16
3	2261	1920	9	Garfagnana	6,53	±0,08
3	2521	1936	10	Alpago Cansiglio	6,06	±0,08
6	2681	1951	5	Lodigiano	5,17	±0,08
2	2811	1960	2	Valli Giudicarie	4,81	±0,19
2	2815	1960	3	Vallese	5	±0,2
4	2842	1961	11	Prealpi bergamasche	4,86	±0,11
3-4	3059	1972	10	Appennino settentrionale	4,87	±0,08
6	3212	1979	2	Bergamasco	4,78	±0,11
NF	3780	1995	10	Lago d'Iseo	4,35	±0,08
F	4358	2008	12	Parmense	5,36	±0,07

Tabella 2 – Caratteristiche eventi sismici comune di Treviglio

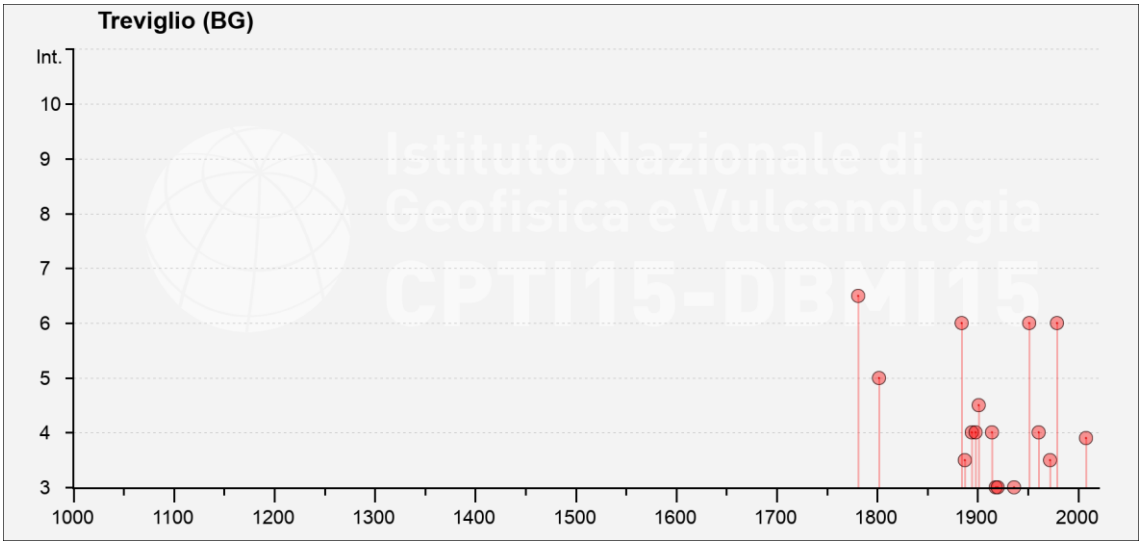


Figura 5 - Storia sismica di Treviglio

6.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale che hanno fornito le linee guida necessarie per la stesura delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. La recente riclassificazione della Regione Lombardia (Delibera Giunta Regionale 11 luglio 2014 n. X/2129) in vigore dal 11.10.2014 e quindi prorogata al 10.04.2016 propone che il comune di Spirano venga classificato come di classe 3 cui corrisponde un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,05 ag/g e 0,15 ag/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

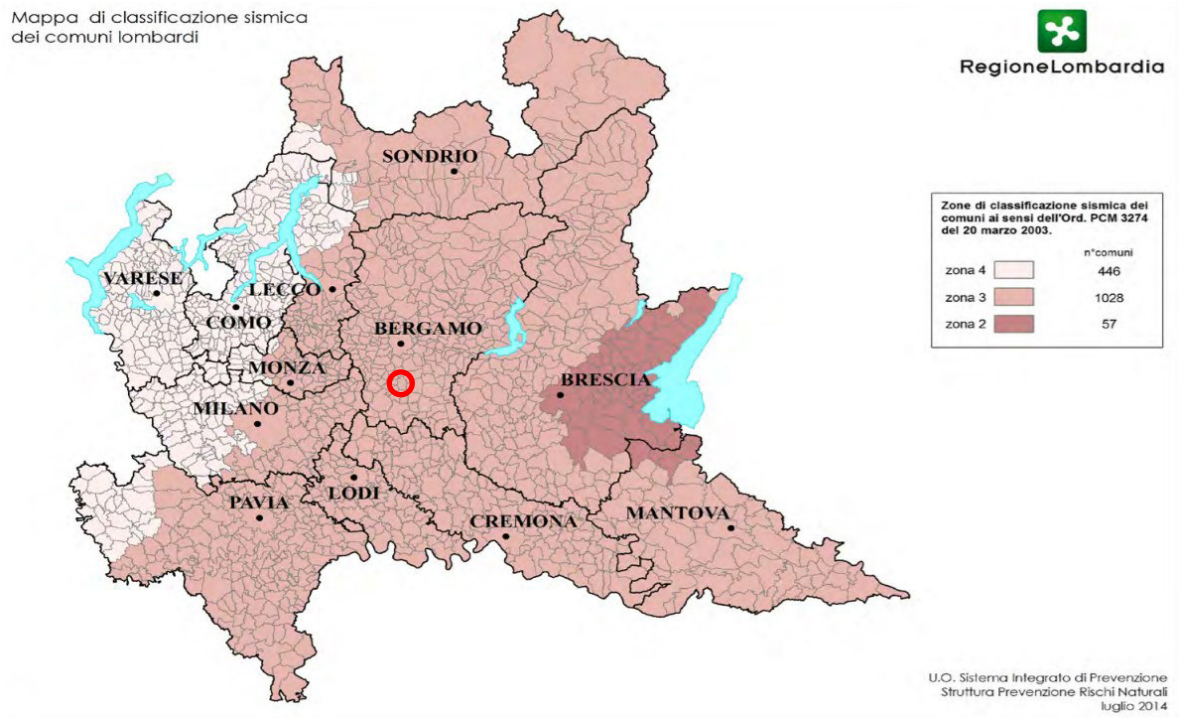


Figura 6 - Classificazione sismica in base al D.G.R. 11-09-2014 – n. X/2129

ISTAT	PROVINCIA	COMUNE	ZONA SISMICA	AgMax
03016206	BG	SPIRANO	3	0,121857

6.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) è stata redatta per mezzo del riconoscimento di aree omogenee passibili di amplificazione sismica sia sulla base di osservazioni geologiche sia grazie ai dati esistenti. Questo livello pianificatorio, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione di una cartografia tematica specifica, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare per i diversi scenari presenti sul territorio comunale in grado di determinare gli effetti sismici locali. Le diverse situazioni tipo sono riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della DGR 2616/2011 di seguito riportata.

Sigla	*SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*	*EFFETTI*
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	*Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)*	*Cedimenti*
Z2b	*Zone con depositi granulari fini saturi*	*Liquefazioni*
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Per l'intero territorio comunale di Spirano è stato riconosciuto lo scenario Z4a, ovvero "*Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*".

6.4. APPROFONDIMENTO SISMICO DI 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

6.4.1. TECNICHE D'INDAGINE

Al fine di caratterizzare il territorio comunale dal punto di vista sismico sono state predisposte delle indagini sito specifiche per la definizione della categoria di sottosuolo e per le successive verifiche di II livello, necessarie per gli scenari Z4 (amplificazioni litologiche e/o geometriche). Di seguito si riporta una breve descrizione delle metodologie d'indagine e della strumentazione utilizzata.

6.4.1.1. MASW

MASW è l'acronimo di Multichannel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie) e sta ad indicare che il fenomeno analizzato è la propagazione delle onde di superficie o più specificatamente la dispersione delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse viaggiano con diversa velocità). Il principio fondamentale si basa sul fatto che le varie componenti del segnale, ovvero le frequenze, viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo. Sostanzialmente le lunghezze d'onda più ampie, a cui corrispondono frequenze più basse, sono influenzate dalla parte più profonda del sottosuolo, mentre le piccole lunghezze d'onda, a cui corrispondono le frequenze più alte, dipendono dalle caratteristiche della porzione più superficiale. Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse delle onde di superficie viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto alle frequenze più alte. La MASW consiste quindi nella registrazione della propagazione delle onde di superficie e nello specifico delle onde di Rayleigh e delle onde di Love. Le modalità di acquisizione variano a seconda della tipologia d'onda che si vuole analizzare: si utilizzeranno dei geofoni verticali per la misurazione della componente verticale delle onde di Rayleigh mentre dei geofoni orizzontali per la misurazione delle onde di Love e della componente orizzontale delle onde di Rayleigh. Anche il tipo di energizzazione varia a seconda della tipologia d'onda: per produrre un impulso sismico con componente predominante verticale viene usata una mazza con maglio generalmente di 8-10 kg per colpire una piastra in acciaio accoppiata al terreno, mentre per generare un impulso sismico con componente predominante orizzontale (onde di taglio) viene usata, in sostituzione della piastra, una trave di legno che viene impattata orizzontalmente. Alcuni autori tengono a sottolineare che per essere definita MASW, non sia necessario acquisire esclusivamente le onde di Rayleigh, come erroneamente molti pensano, ma anche con l'acquisizione delle onde di Love si esegua comunque un'indagine che può tranquillamente essere definita MASW. Tramite l'utilizzo di tale tecnica non si corre il rischio di ricostruire un profilo di sottosuolo all'interno del quale vi sia la mancanza di quegli strati che posseggono un grado di competenza inferiore a quello dello strato superiore, come può avvenire invece per la sismica a rifrazione con la quale non è possibile individuarne la presenza. Alla fase di acquisizione sussegue poi la fase di elaborazione del dato che si traduce nell'analisi dei sismogrammi dai quali si ricava la curva di dispersione ottenuta mediante passaggio dal dominio del tempo (spazio - tempo) a quello delle frequenze (velocità di fase – frequenze). Tramite procedure

attuate dall'operatore e mediante algoritmi di analisi è possibile effettuare la procedura di inversione necessaria alla ricostruzione del profilo di velocità delle Vs caratteristico dei terreni indagati.

Le caratteristiche dello stendimento sismico per l'acquisizione dei segnali sismici sono esposte nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE STENDIMENTO MASW	
Nr. geofoni utilizzati	12
Interasse geofoni (m)	5
Lunghezza stendimento (m)	62
Minimum offset (m)	7
Durata acquisizione (s)	2
Intervallo di campionamento (ms)	1
Nr. Campioni	2000

Tabella 3: Caratteristiche stendimento MASW

6.4.1.2. HOLISURFACE

Si tratta di un'indagine di sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) effettuata utilizzando la metodologia HoliSurface®, un metodo innovativo per l'analisi della propagazione delle onde di superficie allo scopo di determinare il profilo verticale della Vs. Si tratta di un miglioramento di una tecnica classica della sismologia (MFA - Multiple FIlter Analysis).

La tecnica HOLISURFACE richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola costituito da n. 2 geofoni orizzontali e n. 1 verticali in grado di registrare le onde sismiche lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z).

Il software di elaborazione (Holisurface) permette analisi congiunte delle velocità di gruppo delle onde di Rayleigh e Love, del rapporto RVSR e del moto della particella (prograde o retrograde) legato all'onda di Rayleigh (curve RPM).

CARATTERISTICHE STENDIMENTO HOLISURFACE	
Nr. geofoni utilizzati	3 (N-S; E-W; U-D)
Lunghezza stendimento (m)	32
Durata acquisizione (s)	2
Intervallo di campionamento (ms)	1
Nr. Campioni	2000

Tabella 4: Caratteristiche stendimento HOLISURFACE

6.4.1.3. HVSR

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola in grado di registrare i microtremori (sismica passiva) lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga. Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di curva H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y mentre V è la componente verticale del moto in funzione della frequenza).

L’acquisizione nel sito di indagine è stata fatta con sismografo a tre componenti HOLI-3C da 2 Hz distribuito da Eliosoft, mentre l’elaborazione dei segnali registrati è stata effettuata tramite il software HoliSurface.

6.4.2. SITO A – C.NA S. GIUSEPPE

In corrispondenza del sito rinominato A nella Carta della PSL (Tav. 3), ubicato nei pressi di C.na S. Giuseppe, a nord del nucleo urbano di Spirano, per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo da utilizzare ai fini pianificatori, è stata effettuata una indagine sismica congiunta tramite:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love;
- n.1 stazione singola di acquisizione con la metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Stendimento sismico – vista da shot

Triassiale – HVSR

Estratto mappa

Figura 7 – Foto indagini sismica

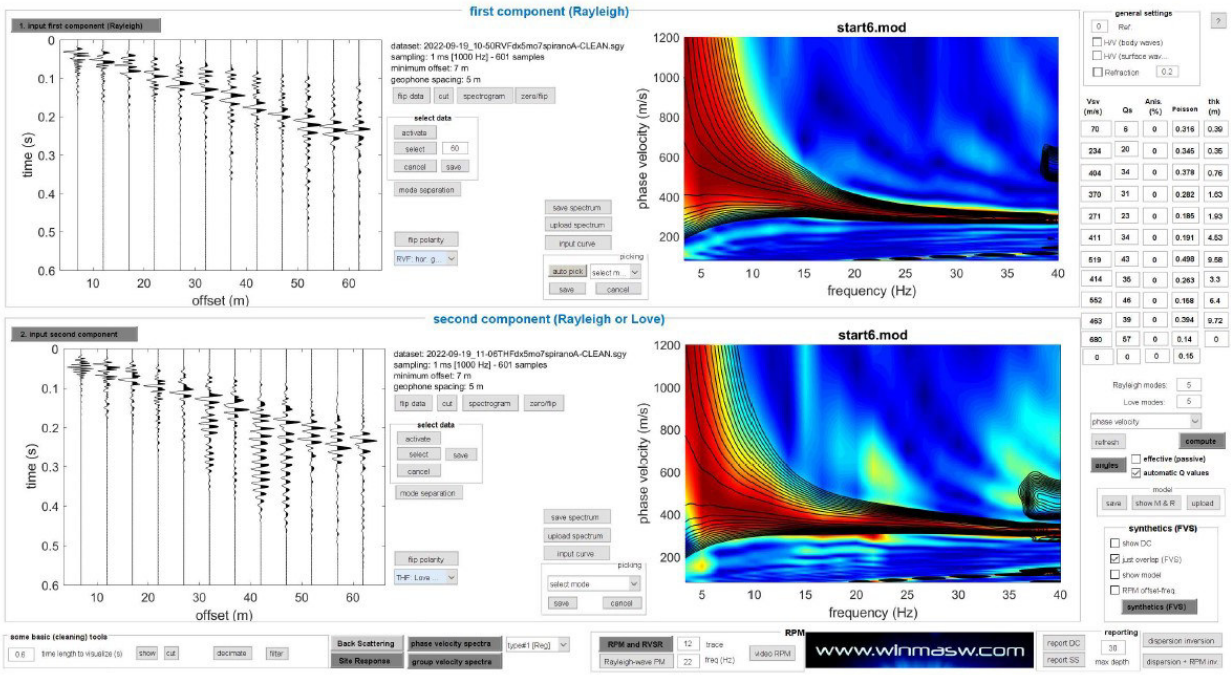
6.4.2.1. Elaborazione indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

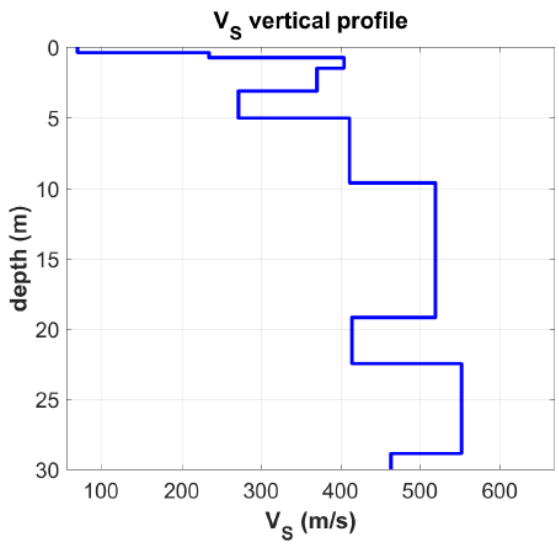
- analisi della dispersione (velocità di gruppo) delle onde di Rayleigh e Love con approccio Full Velocity Spectrum (FVS);
- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio FVS.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.

MASW – componenti RVF e THF



Modello geofisico

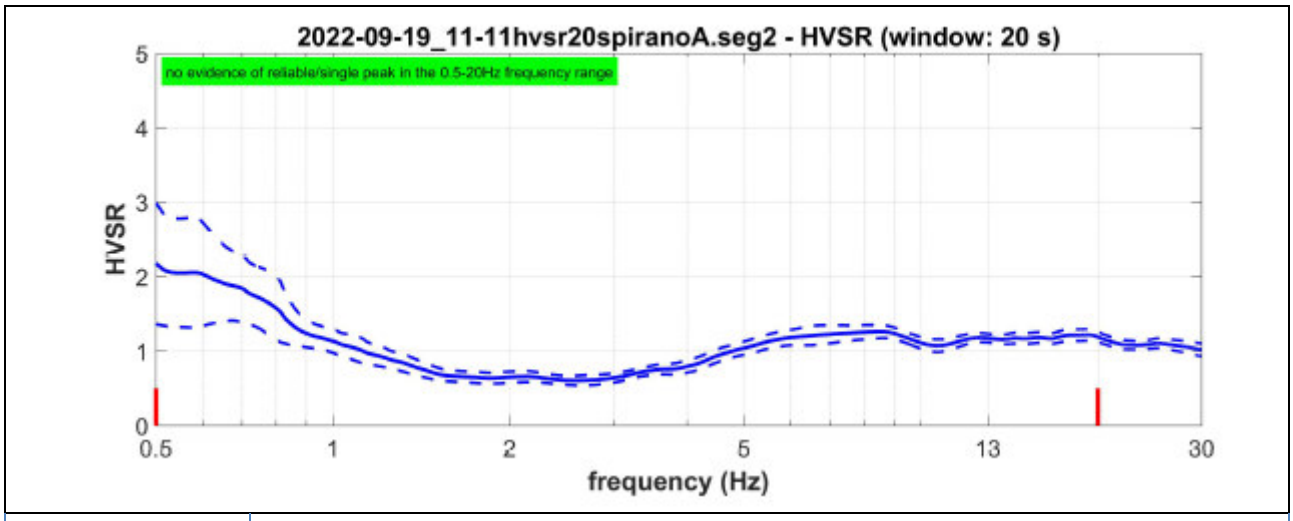


Modello geofisico

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	70	0.3900	0.3900
2	234	0.3500	0.7400
3	404	0.7600	1.5000
4	370	1.6300	3.1300
5	271	1.9300	5.0600
6	411	4.5300	9.5900
7	519	9.5800	19.1700
8	414	3.3000	22.4700
9	552	6.4000	28.8700
10	463	9.7200	38.5900
11	680	0	0

Figura 8: Elaborazione MASW – HoliSurface e modello geofisico del sito

Dall'indagine HVSR non si osservano contrasti di impedenza significativi poiché i picchi hanno ampiezza generalmente inferiore a 1.50, pertanto non è possibile definire una frequenza fondamentale per il sito in esame.



INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSR	1 - VERIFICATO	1 – **NON VERIFICATO**
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – VERIFICATO
		4 – **NON VERIFICATO**
	3 - VERIFICATO	5 – **NON VERIFICATO**
		6 – VERIFICATO

6.4.3. SITO B – C.NA S. PIETRO

In corrispondenza del sito rinominato B nella Carta della PSL (Tav. 3), ubicato nei pressi di C.na S. Pietro, a sud del nucleo urbano di Spirano, per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo da utilizzare ai fini pianificatori, è stata effettuata una indagine sismica congiunta tramite:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love;
- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia HoliSurface (HS) in onde di Rayleigh e Love.
- n.1 stazione singola di acquisizione con la metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Stendimento sismico – vista da shot

Triassiale – HVSR

Estratto mappa

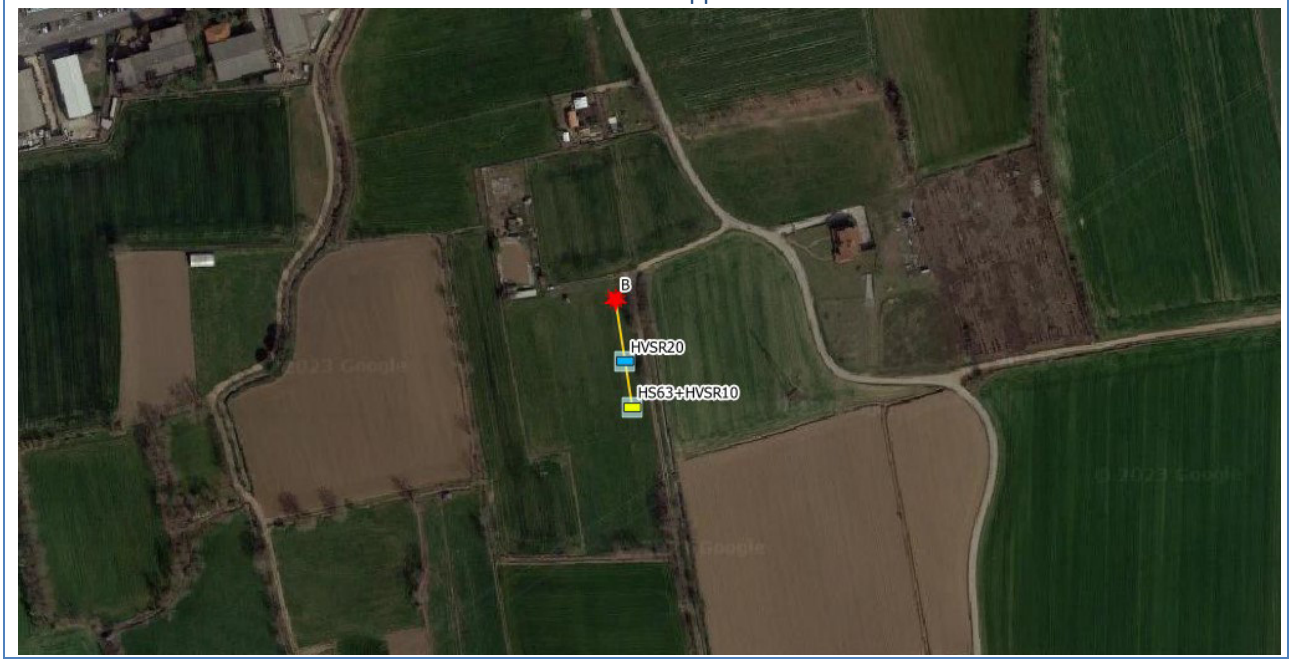


Figura 9 – Foto indagini sismiche

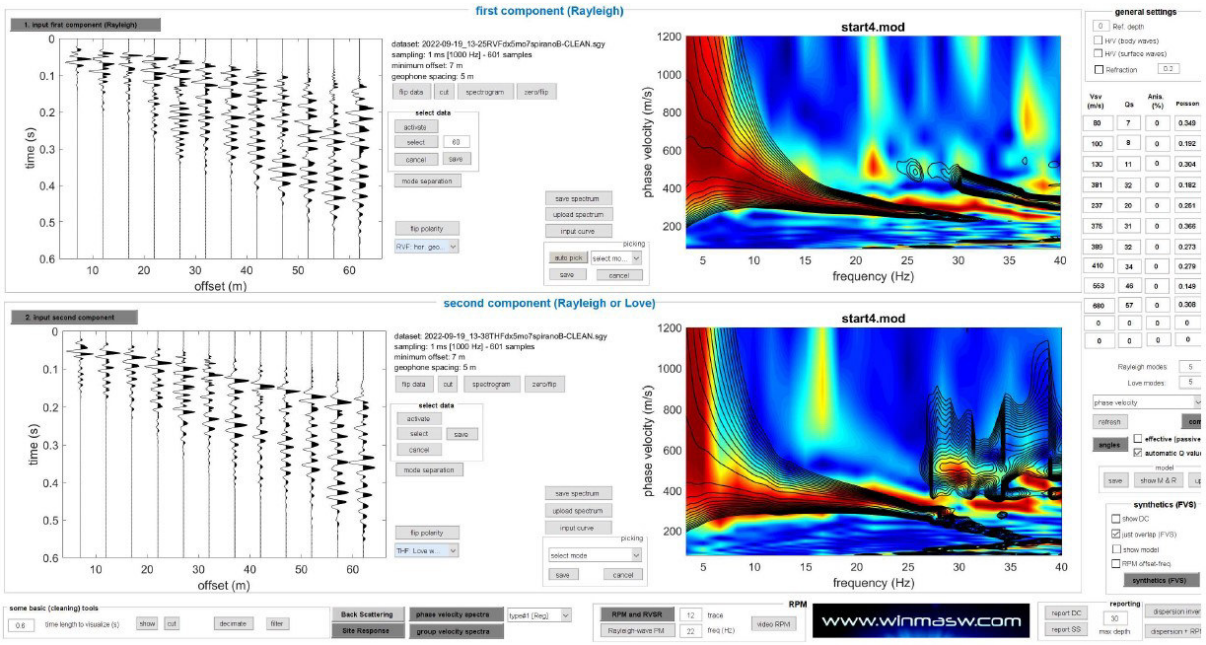
6.4.3.1. Elaborazione indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

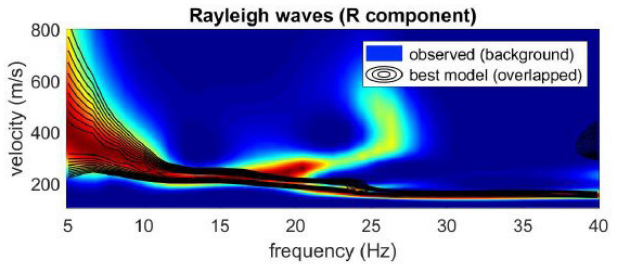
- analisi della dispersione (velocità di gruppo) delle onde di Rayleigh e Love con approccio Full Velocity Spectrum (FVS);
- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio FVS.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.

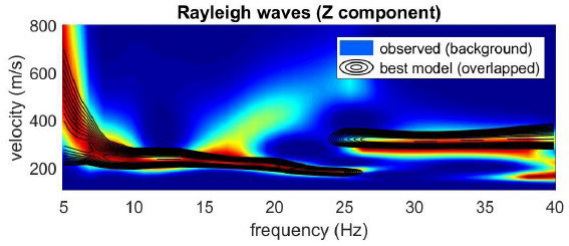
MASW – componenti RVF e THF



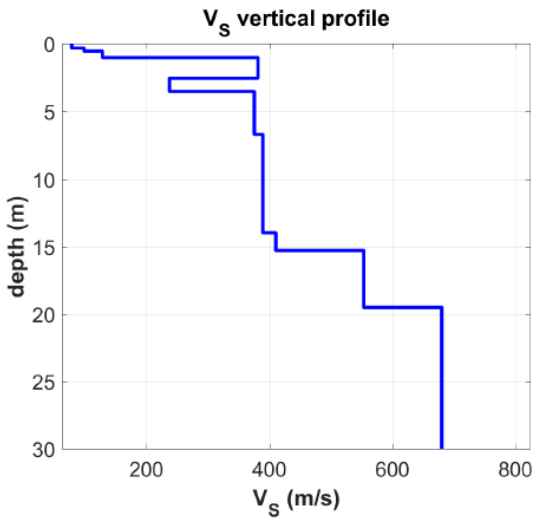
HoliSurface – componente RVF



HoliSurface – componente ZVF



Modello geofisico

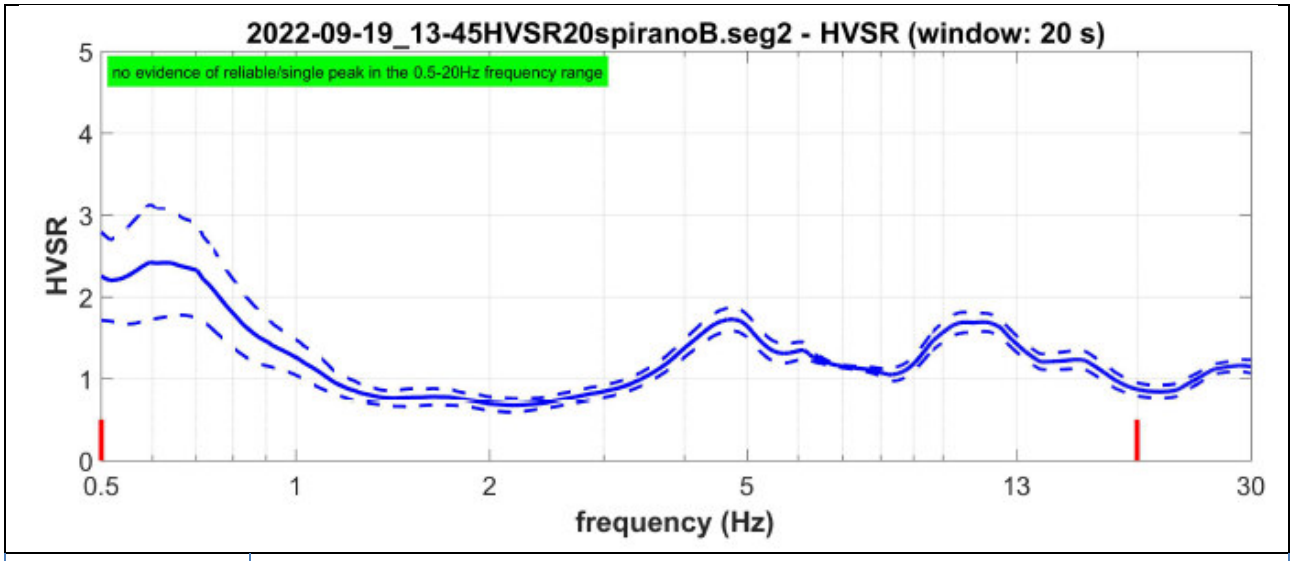


Modello geofisico

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	80	0.3200	0.3200
2	100	0.2300	0.5500
3	130	0.4800	1.0300
4	381	1.5300	2.5600
5	237	0.9800	3.5400
6	375	3.1900	6.7300
7	389	7.2200	13.9500
8	410	1.3200	15.2700
9	553	4.2300	19.5000
10	680	0	0

Figura 10: Elaborazione MASW – HoliSurface e modello geofisico del sito

Dall'indagine HVSR si osservano due contrasti di impedenza poco marcati a circa 4.80 Hz e a 11.14 Hz, con ampiezza compresa tra 1.50 e 2.00. Il primo contrasto (4.80 Hz) potrebbe essere associabile al passaggio tra il livello sabbioso ghiaioso superficiale e le ghiaie più profonde maggiormente addensante, poste a circa -15.0 da piano campagna, mentre il secondo (11.14 Hz) potrebbe rappresentare il passaggio tra il primo livello di copertura costituito da terreno vegetale e limi sabbioso argillosi e i depositi sabbioso ghiaiosi sottostanti, posti a circa -1.00/2.00 m da piano campagna. Per quanto esposto non è possibile definire una frequenza fondamentale per il sito in esame.



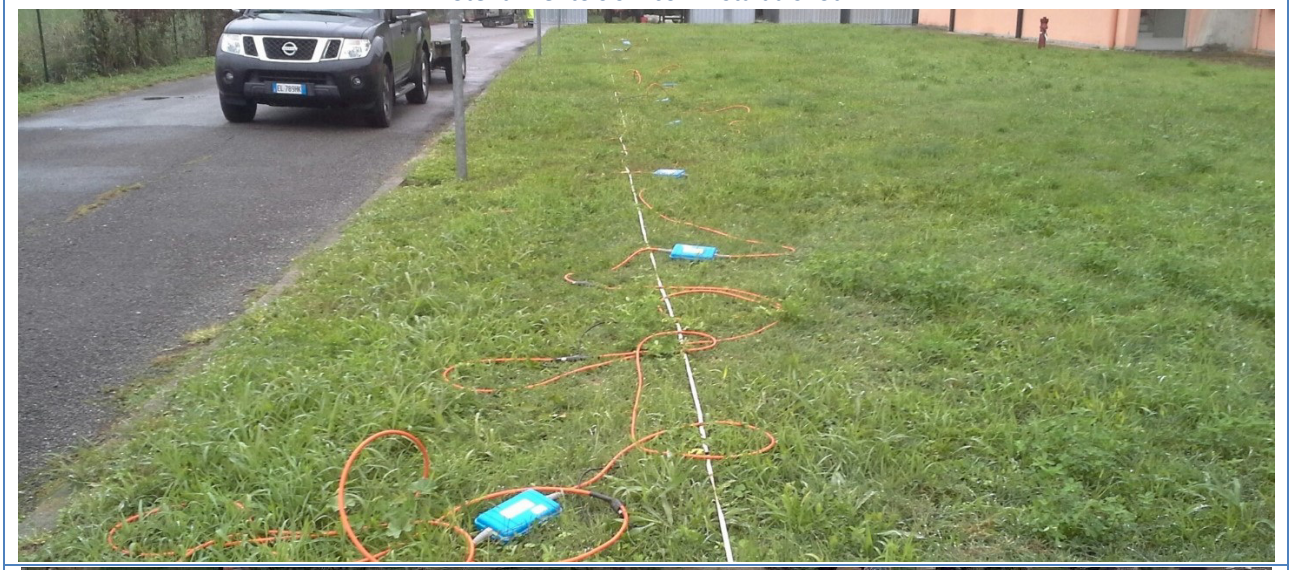
INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSR	1 - VERIFICATO	1 – **NON VERIFICATO**
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – VERIFICATO
		4 – **NON VERIFICATO**
	3 - VERIFICATO	5 – **NON VERIFICATO**
		6 – **NON VERIFICATO**

6.4.4. SITO C – SCUOLA ELEMENTARE

In corrispondenza del sito rinominato C nella Carta della PSL (Tav. 3), ubicato nei pressi della scuola elementare, in corrispondenza del nucleo urbano di Spirano, per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo da utilizzare ai fini pianificatori, è stata effettuata una indagine sismica tramite:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love;

Stendimento sismico – vista da shot



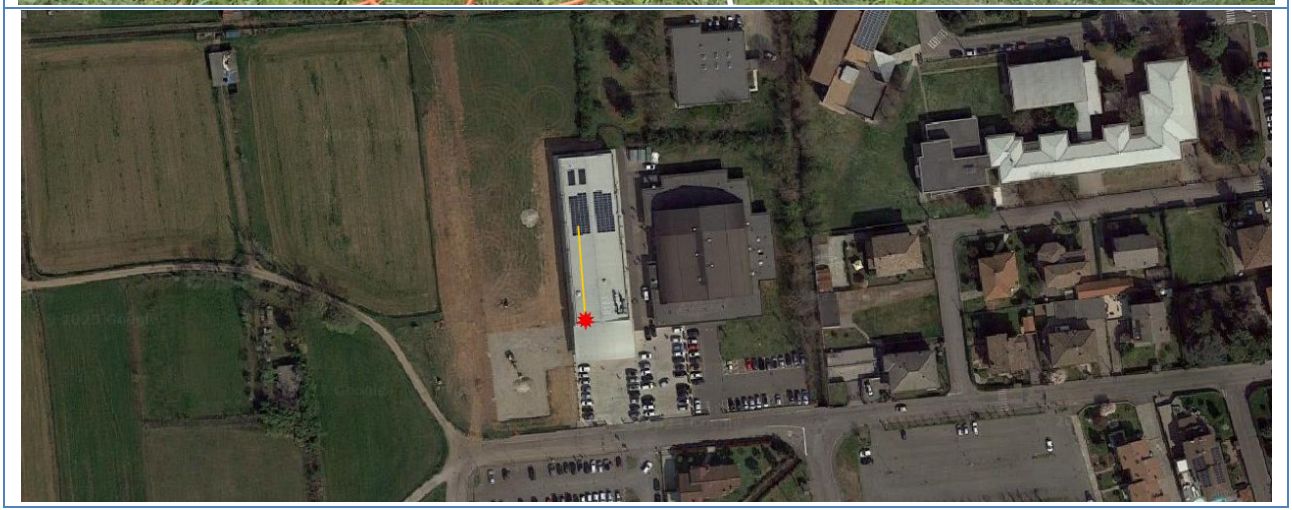


Figura 11 – Foto indagini sismiche

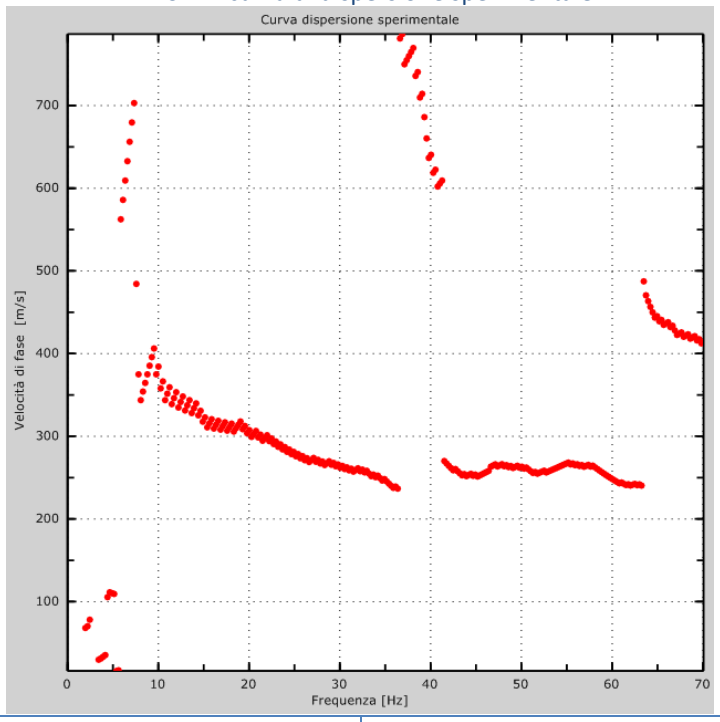
6.4.4.1. Elaborazione indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

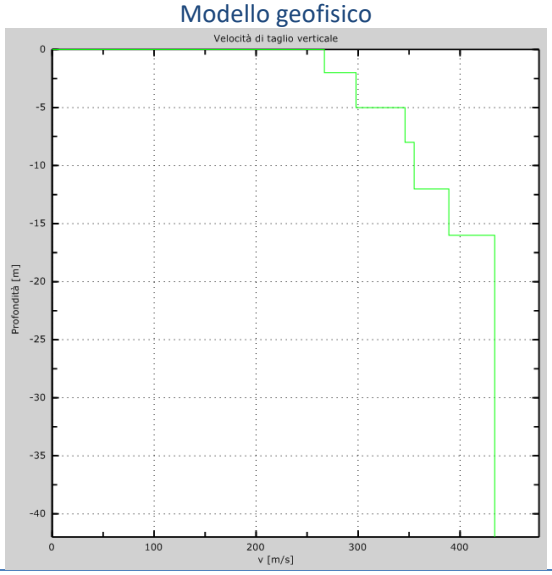
- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.

MASW – curva di dispersione sperimentale



Modello geofisico



Modello geofisico

Profondità		ΔZ	Vs
Da	a		
0.0	2.0	2.0	267
2.0	5.0	3.0	298
5.0	8.0	3.0	346
8.0	12.0	4.0	355
12.0	16.0	4.0	389
Oltre 16.0		-	434

Figura 12: Elaborazione MASW modello geofisico del sito

6.4.5. APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Di seguito si riporta la procedura di II Livello di approfondimento secondo quanto indicato nell'all. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 utilizzando le risultanze esposte in precedenza.

6.4.5.1. Sito A – C.na S. Giuseppe

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell'andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica "sabbiosa";
- il valore di Vs30 pari a 417 m/s;
- la curva 2 (verde);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,38 s.

T=	0,38

Scheda utilizzabile

T = 0.1-0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	0.03<=T<=0.50	0.50<T<=1.00	T>1.00
	1,95	1,91	1
2	0.03<=T<=0.45	0.45<T<=0.80	T>0.80
	1,65	1,67	1
3	0.03<=T<=0.40	0.40<T<=0.55	T>0.55
	1,26	1,24	1

T = 0.5-1.5

Curva	0.08<=T<=1.80	
1	1,44	
2 3	0.08<=T<0.80	0.80<=T<=1.80
	1,61	2,31

Profondità primo strato (m)

Velocità primo strato (m/s)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Figura 13: Estratto Scheda sabbiosa

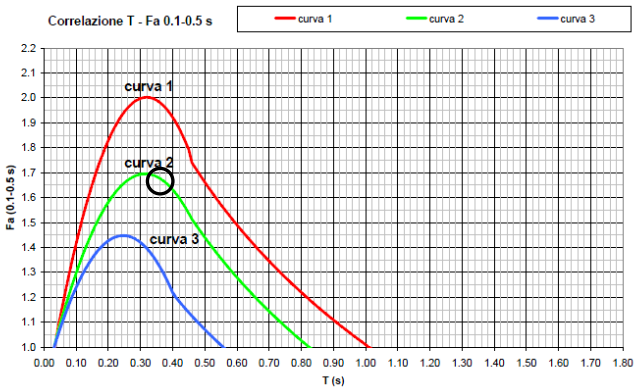


Figura 14: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

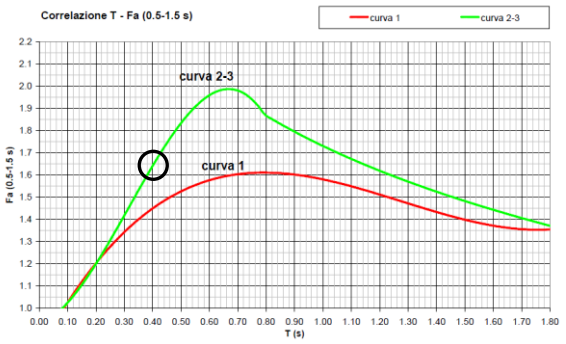


Figura 15: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

Figura 16: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s e confronto con valori FAS

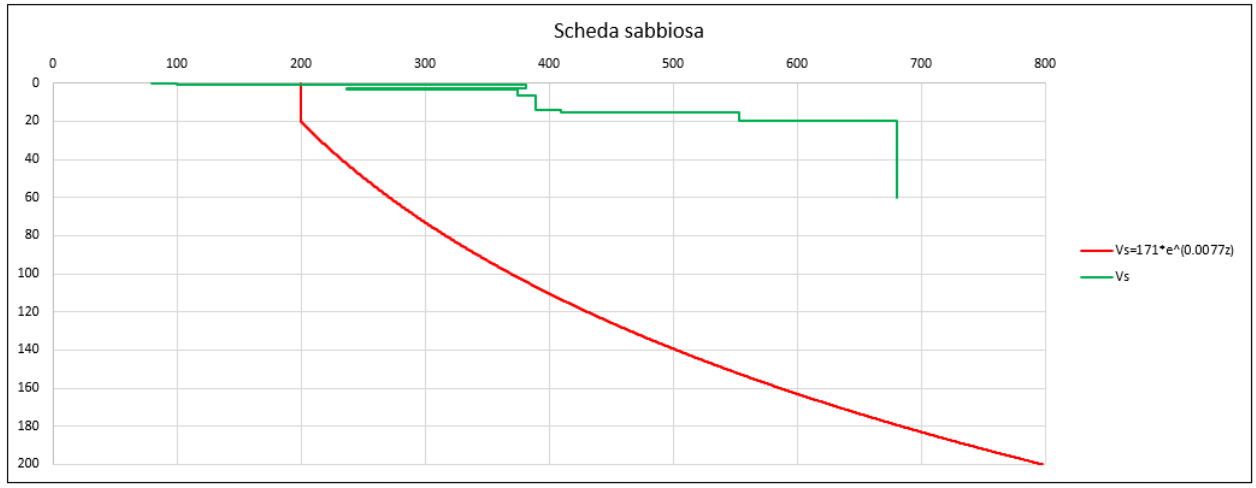
Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

- edifici con periodo 0,1s<T<0,5s: maggiore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B;
- edifici con periodo 0,5s<T<1,5s: minore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B.

6.4.5.2. Sito B – C.na S. Pietro

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell'andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica "sabbiosa";
- il valore di Vs30 pari a 419 m/s;
- la curva 2 (verde);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,41 s.



T=	0,41

Scheda utilizzabile

T = 0.1-0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	0.03<=T<=0.50	0.50<T<=1.00	T>1.00
	1,90	1,85	1
2	0.03<=T<=0.45	0.45<T<=0.80	T>0.80
	1,62	1,61	1
3	0.03<=T<=0.40	0.40<T<=0.55	T>0.55
	1,19	1,20	1

T = 0.5-1.5

Curva	0.08<=T<=1.80	
1	1,46	
2 / 3	0.08<=T<0.80	0.80<=T<=1.80
	1,66	2,27

Profondità primo strato (m)

Velocità primo strato (m/s)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Figura 17: Estratto Scheda sabbiosa

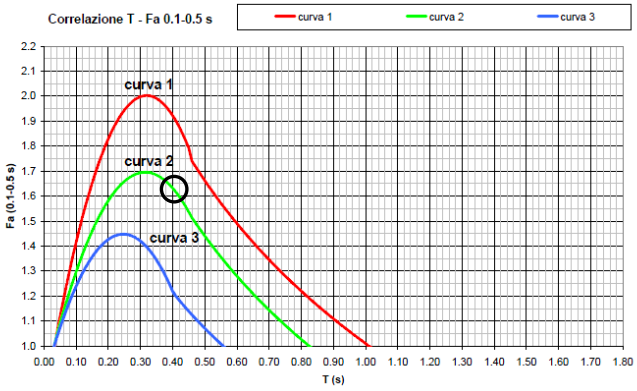


Figura 18: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

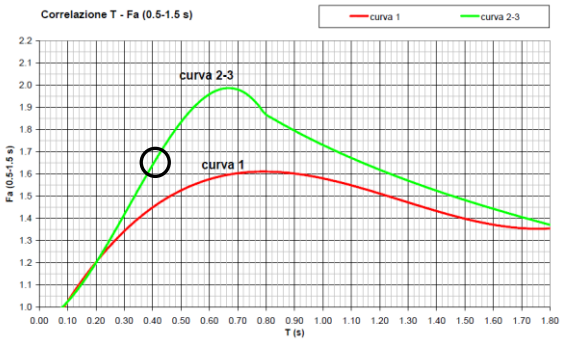


Figura 19: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

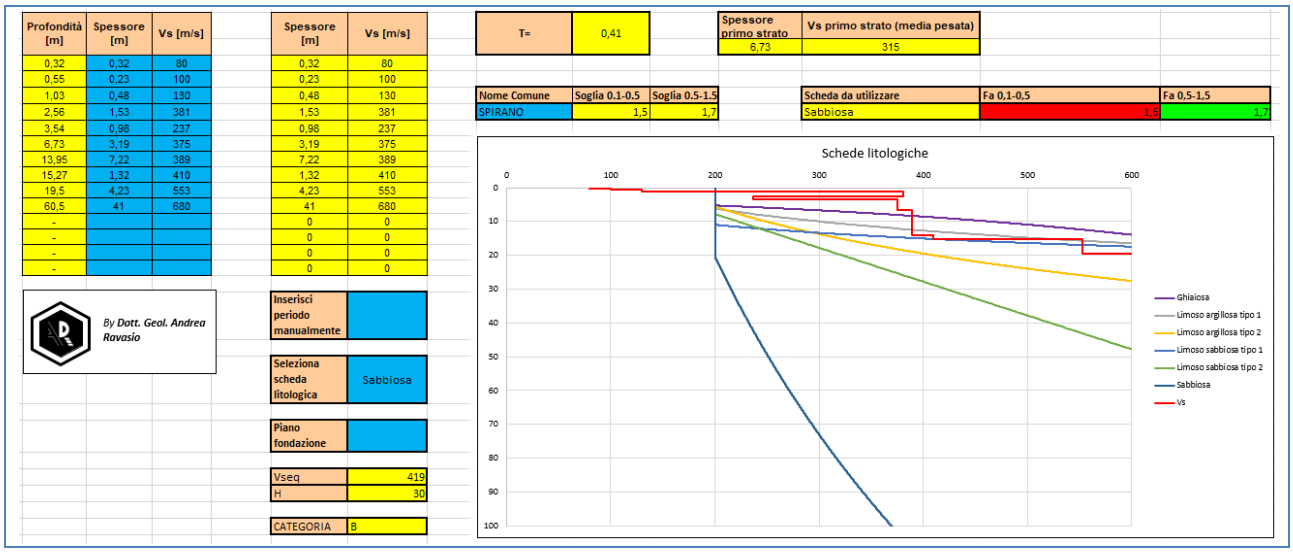


Figura 20: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s e confronto con valori FAS

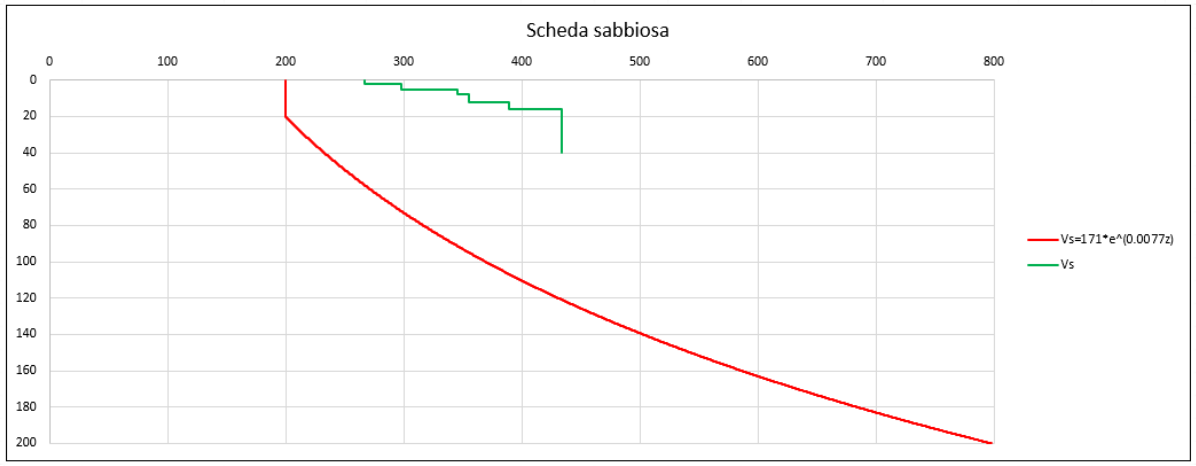
Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

- edifici con periodo 0,1s<T<0,5s: maggiore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B;
- edifici con periodo 0,5s<T<1,5s: minore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B.

6.4.5.3. Sito C – Scuola elementare

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell'andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica "sabbiosa";
- il valore di Vs30 pari a 375 m/s;
- la curva 2 (verde);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,41 s.



T=	0,41

Scheda utilizzabile

T = 0.1-0.5

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	0.03<=T<=0.50	0.50<T<=1.00	T>1.00
	1,91	1,86	1
2	0.03<=T<=0.45	0.45<T<=0.80	T>0.80
	1,62	1,62	1
3	0.03<=T<=0.40	0.40<T<=0.55	T>0.55
	1,20	1,21	1

T = 0.5-1.5

Curva	0.08<=T<=1.80	
1	1,45	
2	0.08<=T<0.80	0.80<=T<=1.80
3	1,65	2,28

Profondità primo strato (m)

Velocità primo strato (m/s)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Figura 21: Estratto Scheda sabbiosa

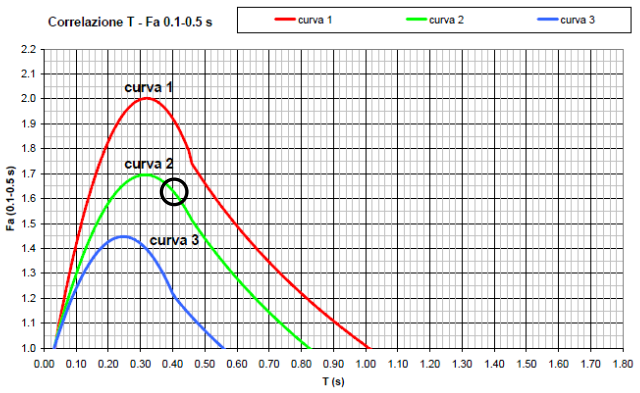


Figura 22: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

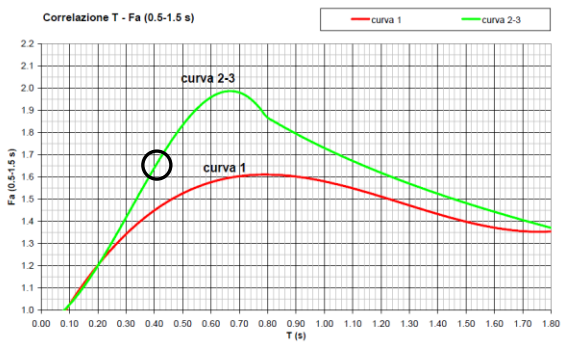


Figura 23: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

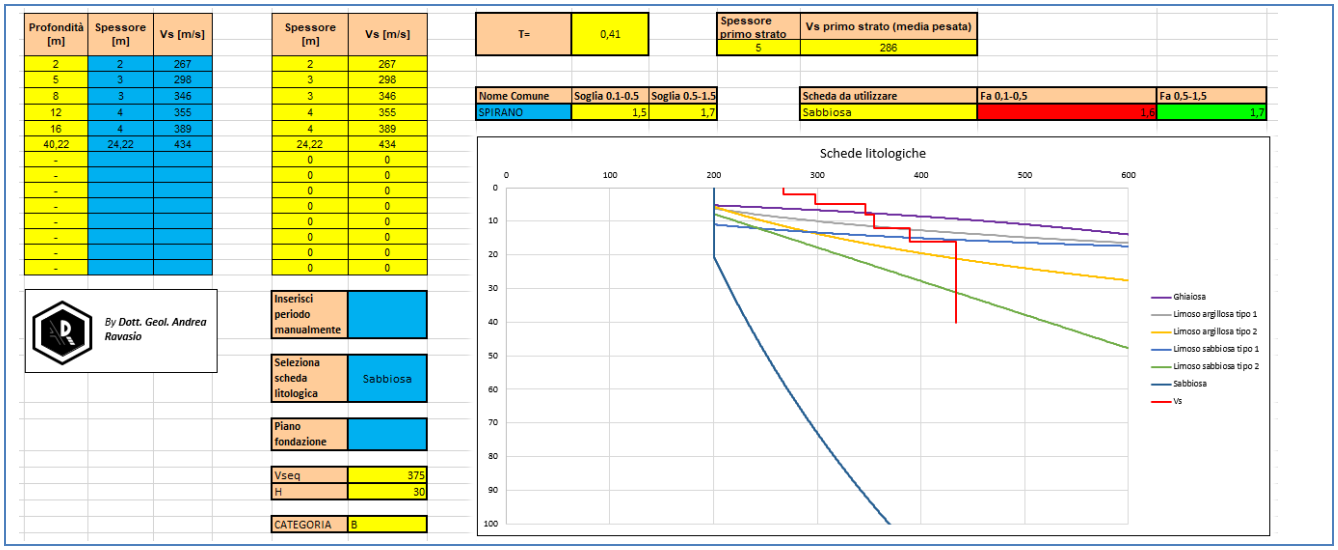


Figura 24: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s e confronto con valori FAS

Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

- edifici con periodo 0,1s<T<0,5s: maggiore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B;
- edifici con periodo 0,5s<T<1,5s: minore del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B.

6.4.5.4. Riepilogo

SITO DI RIFERIMENTO	FAC		FAS (categoria B)	
	0.1-0.5	0.5-1.5	0.1-0.5	0.5-1.5
SITO A	1.7±0.1	1.6±0.1	1.5	1.7
SITO B	1.6±0.1	1.7±0.1	1.5	1.7
SITO C	1.6±0.1	1.7±0.1	1.5	1.7

Dalle indagini effettuate si conclude che i terreni presenti sul territorio di Spirano sono classificabili con la categoria di sottosuolo B. L'analisi di II livello effettuata per ogni punto d'indagine, tenuto conto del fattore di variabilità ±0,1, mostra come, per edifici con periodo 0,1s<T<0,5s, il valore di amplificazione calcolato (FAC) risulta superiore o uguale al valore di soglia comunale per terreni ricadenti in categoria B (FAS) definito per il comune di Spirano.
Differente è la situazione per quanto riguarda gli edifici con periodo 0,5s<T<1,5s, per i quali il valore di soglia calcolato (FAC) risulta inferiore o uguale al valore di soglia comunale per terreni ricadenti in categoria B (FAS) definito per il comune di Spirano.

Per quanto precedentemente esposto si consiglia, in fase di progettazione, l'applicazione diretta del III livello di approfondimento o l'utilizzo dello spettro della categoria di sottosuolo superiore, ovvero la C, per edifici con periodo 0,1s<T<0,5s, fermo restando la possibilità per il progettista di basarsi su analisi sito specifiche, mentre per edifici con periodo 0,5s<T<1,5s, sarà possibile l'utilizzo della categoria di sottosuolo B.

7. SISTEMA IDROGRAFICO

Dal punto di vista idrografico il territorio di Spirano è attraversato da un sistema variegato di rogge e di corsi d'acqua, alcuni dei quali traggono origine dal sistema delle risorgive, presenti in maniera copiosa nel settore sud-orientale del comune. La rete idrografica naturale è costituita da un sistema di canali alimentati dalle risorgive o fontanili che è successivamente dispersa in un sistema di rogge o di canali per l'irrigazione dei campi.

Si evidenzia che il comune di Spirano è dotato di uno Studio del Reticolo Idrico minore redatto dalla società Eurogeo Snc nel Maggio 2004. Tale studio è dotato di "parere tecnico favorevole" da parte della Regione Lombardia sede Territoriale di Bergamo.

In recepimento delle modifiche apportate dalla Dgr X/883 del 31/10/2013 ed in particolare agli allegati A- "Individuazione del reticolo idrico principale" e D- "Individuazione del reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica", lo studio del reticolo è stato oggetto di aggiornamento nel 2014. Nello specifico, è stata recepita la modifica relativa alla classificazione del Torrente Morla – BG194, che risulta classificato come principale dalle origini fino a C.na Ceresola in comune di Zanica, non interessando quindi il comune di Spirano.

BG194	Torrente o rio Morla	AZZANO SAN PAOLO, BERGAMO, ORIO AL SERIO, PONTERANICA, SORISOLE, ZANICA	Roggia Morla di Comun Nuovo e Spirano	dalle origini fino a Cascina Ceresola in Comune di Zanica	155

Tabella 5 - Estratto allegato A Individuazione del reticolo idrico principale– Dgr X/883 del 31/10/2013.

Nel comune di Spirano pertanto:

- non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale così come definito nell'allegato A alla DGR X/883 del 31 Ottobre 2013;
- non sono presenti corsi d'acqua ascrivibili al Reticolo Idrico Minore, così come definito delle direttive regionali;
- l'intero reticolo idrico presente sul territorio comunale è ascrivibile al reticolo idrico consortile, nello specifico al comprensorio del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

L'aggiornamento dello studio del reticolo idrico ha recepito anche la modifica delle fasce di rispetto, in seguito alla ridefinizione del perimetro del centro abitato nell'ambito del PGT del comune di Spirano.
In generale, la fascia di rispetto è pari a 5 m all'interno dell'abitato e a 10 m all'esterno. Le fasce di rispetto e il reticolo sono riportati nelle tavole allegate.

In seguito all'incontro/sopralluogo svoltosi in data 07/07/2020 con il comune, Uniacque e il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, è stata effettuata la revisione di alcuni tratti di reticolo idrico, nello specifico:

- è stato inserito un tratto intubato (fosso) che da via Santa Lucia scende lungo via Vecchia Filanda innestandosi nella fognatura mista (da verificare); tale fosso rappresenta un colatore non classificato come tratto di reticolo idrico consortile;
- è stato verificato che il tratto di reticolo "Pozzo Ceredelli - BG206-32" che si stacca dal tratto BG206-25 in prossimità della Cascina Oplida e prosegue curvando verso Ovest fino a raccordarsi a circa 560 m Nord della cascina Spiranella, è poco utilizzato e/o mal funzionante.

La tabella seguente riporta l'elenco del reticolo idrico consortile.

Codice	Denominazione
BG206-01	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-02	
BG206-03	
BG206-04	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-05	
BG206-06	
BG206-07	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-08	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-10	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-11	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-12	Rio Cacarone
BG206-13	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-14	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-15	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-16	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-17	
BG206-18	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-19	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-20	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-21	Rio S Rocco
BG206-22	Roggia Ponte Perduto di Spirano
BG206-23	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-24	
BG206-25	Pozzo Ceredelli
BG206-26	Rio delle Bandiere
BG206-27	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-28	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano
BG206-29	
BG206-30	
BG206-31	
BG206-32	Pozzo Ceredelli
BG206-33	Pozzo Ceredelli
BG206-34	Roggia Spiranella
BG206-35	
BG206-36	
BG206-37	
BG206-38	Canale di Gronda Sud
BG206-39	
BG206-40	
BG206-41	
BG206-42	
BG206-43	Roggia Pagazzana
BG206-43	Roggia Pagazzana
BG206-44	Rio Conzoletto
BG206-45	
BG206-46	
BG206-47	
BG206-48	
BG206-49	

Codice	Denominazione
BG206-50	
BG206-51	Cavo Conzocolo
BG206-52	Fosso Bergamasco
BG206-53	Roggia Morla di C. Nuovo e Spirano

Tabella 6 – Elenco reticolo idrico consortile comune di Spirano

8. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DEL PO (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA) è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4 e approvato in data 03.03.2016 con Deliberazione n. 2/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.30 del 06.02.2017). Nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni; inoltre è stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono nelle aree allagabili e sono individuate misure per ridurre il rischio stesso, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità e analisi, da attuarsi in maniera integrata. La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle Mappe di Pericolosità per le quali sono previsti tre scenari:

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H);
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M);.
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L).

Le aree allagabili riguardano quattro diversi "ambiti territoriali":

- Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM);
- Reticolo Secondario di Pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree Costiere Lacuali (ACL).

Per il Comune di Spirano si evidenzia la presenza di due aree allagabili connesse al reticolo secondario di pianura (RSP), di seguito brevemente descritte:

- Torrente Morla: l'area di esondazione del T. Morla (e delle sue rogge derivate) interessa la porzione occidentale dell'abitato di Spirano, a partire dalla zona industriale PI di Viale Lombardia, fino al confine con Brignano Gera d'Adda. L'area interessa praticamente tutto l'abitato posto a ovest della SP 149- via Milano. Il rischio individuato varia da R1 a R3 in funzione della pericolosità e del danno atteso. All'area è stato attribuito uno scenario di pericolosità RSP "frequente (H)"- Tr 20 anni.

- Area a Est. L'area interessa marginalmente il territorio comunale di Spirano al confine con Urgnano e Cologno al Serio. La causa della criticità risulta essere il troppo pieno della fognatura di Urgnano. Il rischio individuato varia da R1 a R3 in funzione della pericolosità e del danno atteso. All'area è stato attribuito uno scenario di pericolosità RSP "frequente (H)"- Tr 20 anni.

Si evidenzia che le motivazioni a supporto della proposta di modifica dei limiti relativi all'area "Torrente Morla" sono consultabili nella relazione allegata ("Proposta di modifica delle aree allagabili").

Non sono invece presenti fasce fluviali definite dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).

8.1. VALUTAZIONE RISCHIO IDRAULICO

Secondo quanto previsto dall'Allegato A - "DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE (PGRA) NEL SETTORE URBANISTICO E DI PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA, AI SENSI DELL'ART. 58 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DEL BACINO DEL FIUME PO COSÌ COME INTEGRATE DALLA VARIANTE ADOTTATA IN DATA 7 DICEMBRE 2016 CON DELIBERAZIONE N. 5 DAL COMITATO ISTITUZIONALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO", i Comuni che rientrano nell'ambito territoriale RSP e che sono interessati da delimitazioni

nelle mappe di pericolosità del PGRA, sono tenuti ad effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali.
A tal fine ci si è riferiti allo "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" a firma del dott. ing. Adriano Murachelli dello Studio Telò di Parma, redatto nel 2015 dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e da Regione Lombardia.
L'elaborato evidenzia le criticità idrauliche ricadenti sul territorio comunale per i diversi periodi di ritorno considerati, di cui di seguito si riportano degli estratti.

Non si hanno informazioni circa precedenti eventi alluvionali occorsi nel comune di Spirano ad eccezione di quelli segnalati da ANBI nel 2013, i quali hanno portato alla delimitazione delle aree allagabili presenti nel PGRA vigente.

8.1.1. TR=100 ANNI

All'altezza dell'abitato di Spirano sia l'asta principale del t. Morla che le rogge interconnesse evidenziano più punti di criticità a monte ed all'interno dell'abitato stesso, oltre ai processi di spagliamento lungo i terreni agricoli nel tratto compreso tra il centro urbano e il Canale di Gronda Sud, come rappresentato nell'immagine seguente estratta dallo studio idraulico di riferimento.

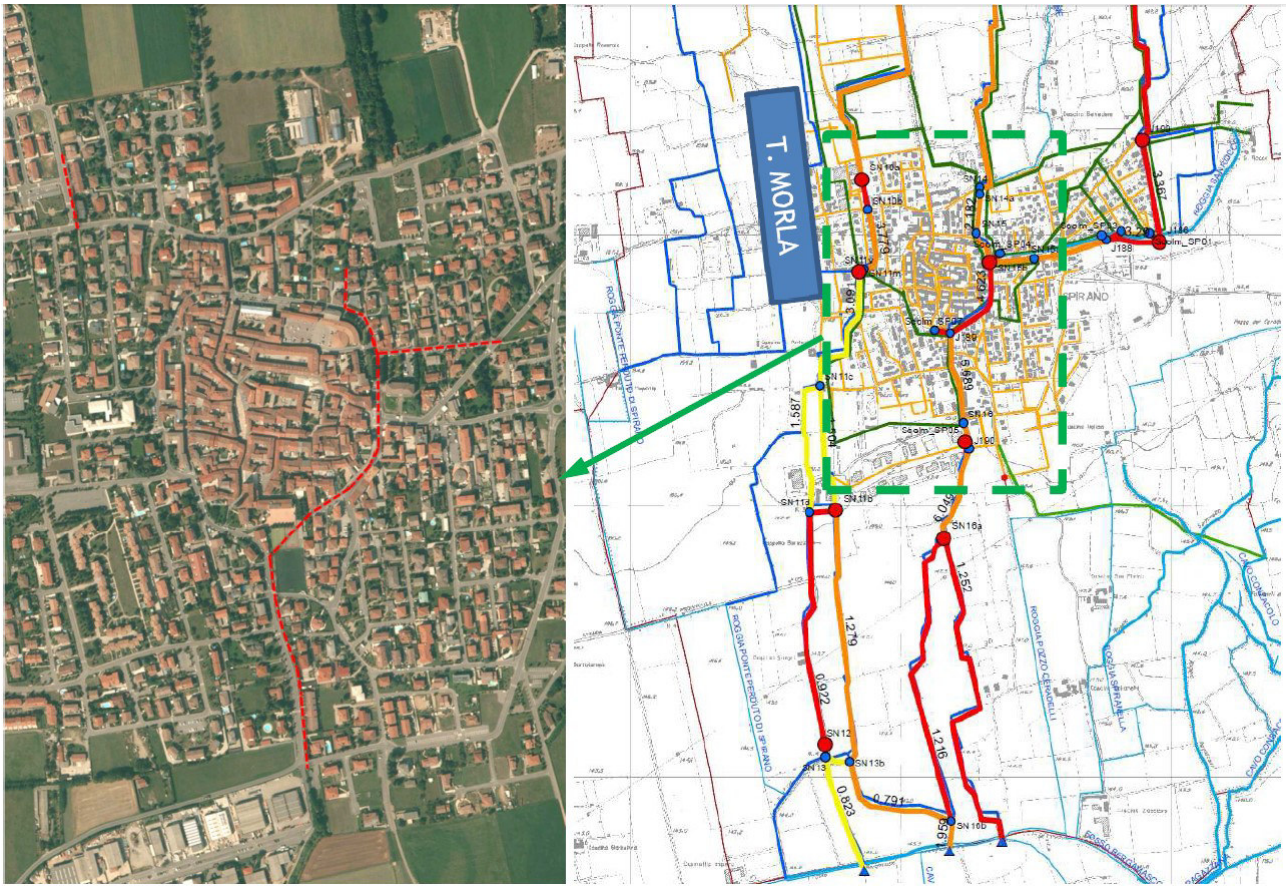


Figura 25 - Estratto "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" (Figura 31) – Indicazione dei tratti tombinati del T. Morla e delle rogge interconnesse in corrispondenza dell'abitato di spirano (a sinistra, evidenziati in rosso) e sintesi delle rispettive criticità idrauliche per Tr 100 anni (a destra)

Si cita di seguito la descrizione delle problematiche idrauliche nel tratto comunale di Spirano:

<<Lungo l'asta principale del torrente Morla si verifica un'insufficiente sezione di deflusso del tratto tombinato compreso tra le sezioni SN10a e SN10b (cfr. Tavola 2) e della successiva sezione SN11, a cui corrispondono processi di esondazione aventi valore al colmo di circa 2 m³/s.
Procedendo verso valle, sempre lungo l'asta principale, gli ulteriori fenomeni di spagliamento a valle dell'abitato di Spirano corrispondono ad un valore di portata al colmo pari a circa 3 m³/s.
A questi processi di esondazione si aggiungono quelli presenti lungo il reticolo di rogge interconnesse, come citato, che ammontano ad una portata al colmo in eccesso pari a circa 10 m³/s a monte e in corrispondenza dell'abitato di Spirano, a cui si aggiungono ulteriori 6 m³/s dovuti a processi di spagliamento a valle dello stesso.>>

8.1.2. TR=20 ANNI

Per quanto riguarda le criticità per Tr 20 anni relativamente all'abitato di Spirano si citano le seguenti criticità idrauliche:

<<All'altezza dell'abitato di Spirano, anche per TR 20 anni permangono tratti di criticità idraulica sia lungo l'asta principale del t. Morla che lungo le rogge interconnesse, come illustrato nella Tavola 1 e nell'immagine seguente.

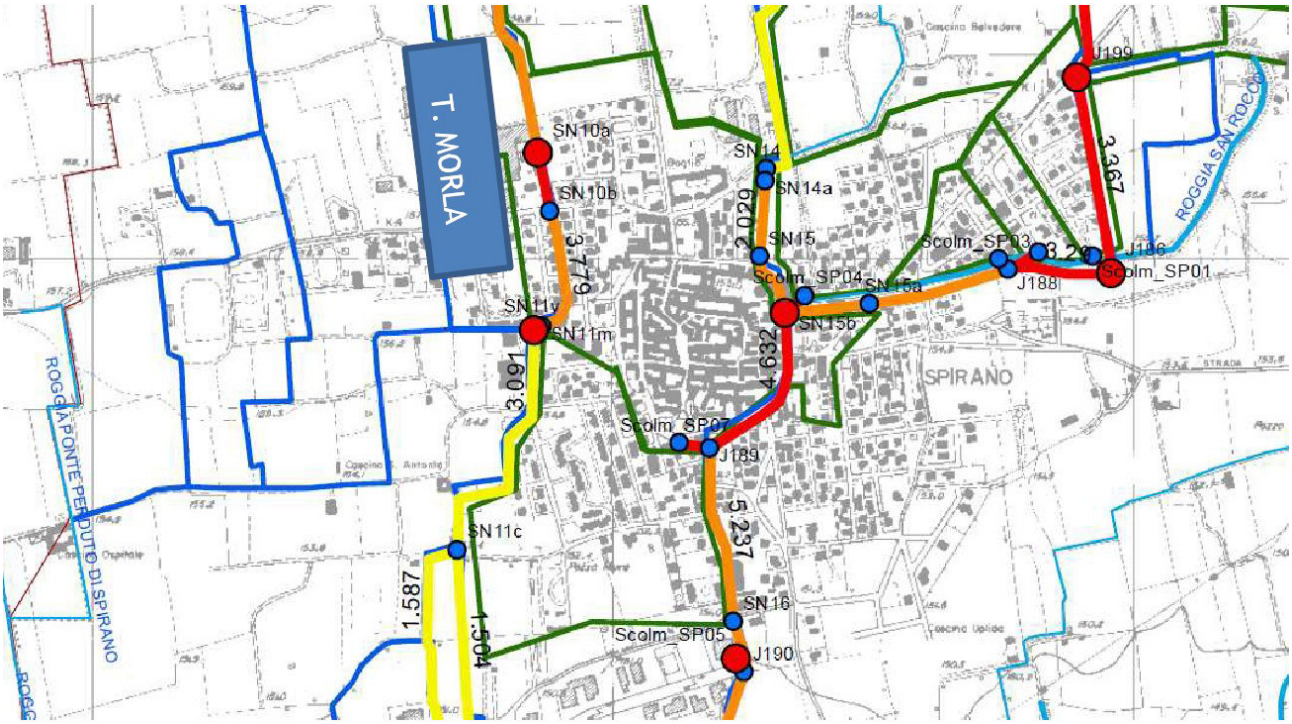


Figura 26 - Estratto "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" (Figura 34) – Indicazione delle criticità idrauliche del T. Morla e delle rogge interconnesse in corrispondenza dell'abitato di spirano per Tr 20 anni

<<In particolare, lungo l'asta principale del torrente Morla la sezione di deflusso del tratto tombinato compreso tra le sezioni SN10a e SN10b e la successiva sezione SN11(cfr Tavola 1) risultano insufficienti a consentire il transito della portata di piena per TR 20, con conseguenti processi di esondazione con valore al colmo di circa 1.5 m³/s.

Procedendo verso valle, sempre lungo l'asta principale, gli ulteriori fenomeni di spagliamento a valle dell'abitato di spirano corrispondono ad un valore di portata al colmo pari a circa 2.5 m³/s.

A questi processi di esondazione si aggiungono quelli presenti lungo il reticolo di rogge interconnesse, come

citato, che ammontano ad una portata al colmo in eccesso pari a circa 7 m³/s a monte e in corrispondenza dell'abitato di Spirano, a cui si aggiungono ulteriori 4 m³/s dovuti a processi di spagliamento a valle dello stesso.>>

8.1.3. TR=200 ANNI

All'altezza dell'abitato di Spirano sia l'asta principale del t. Morla che le rogge interconnesse risultano evidentemente insufficienti a collettare la portata di piena bisecolare, evidenziano più punti di criticità a monte ed all'interno dell'abitato stesso, oltre ai consistenti processi di spagliamento nel tratto compreso tra il centro urbano e il Canale di Gronda Sud, come rappresentato nell'immagine seguente estratta dallo studio idraulico di riferimento.

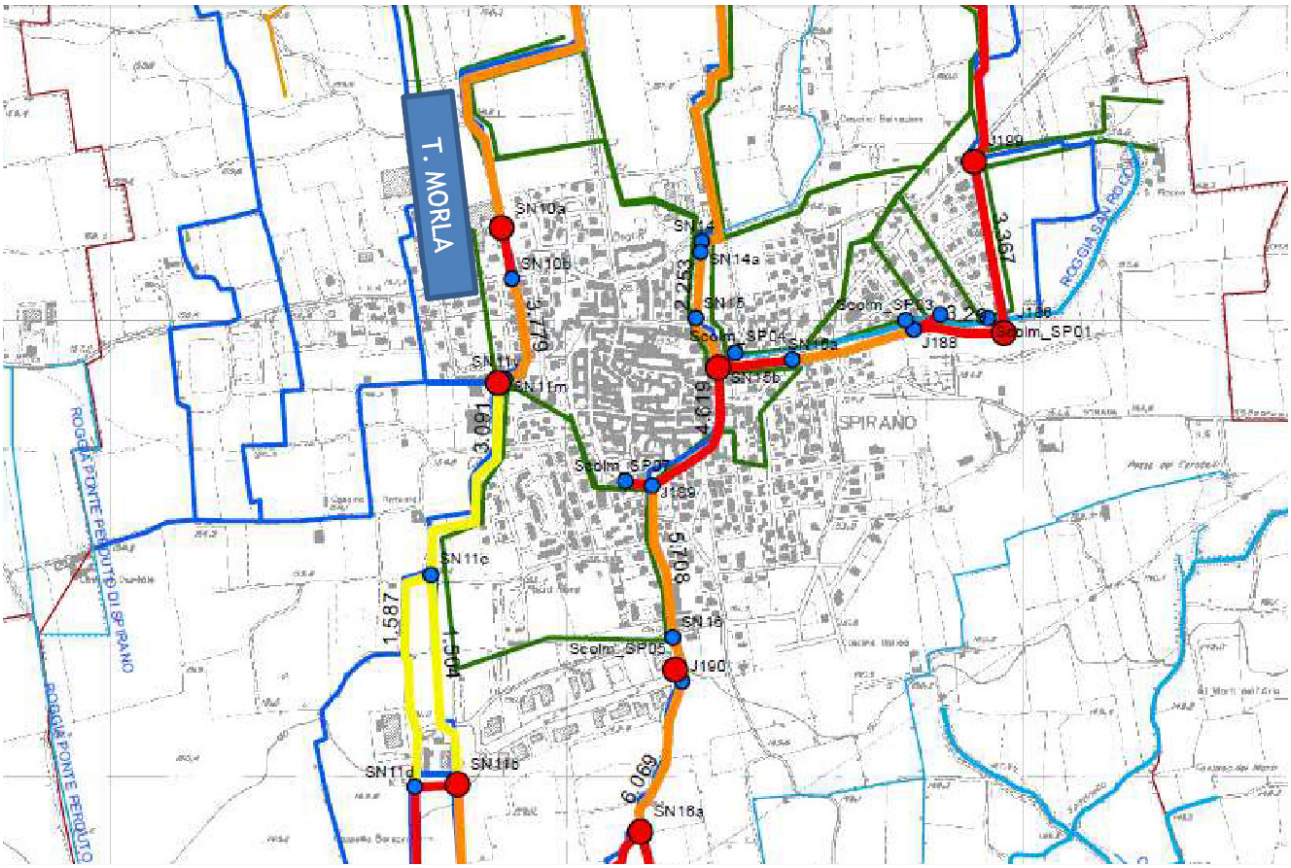


Figura 27 - Estratto "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" (Figura 38) – Indicazione delle criticità idrauliche del T. Morla e delle rogge interconnesse in corrispondenza dell'abitato di spirano per Tr 200 anni

<<In particolare, lungo l'asta principale del torrente Morla si verifica un'insufficiente sezione di deflusso del tratto tombinato compreso tra le sezioni SN10a e SN10b (cfr. Tavola 3) e della successiva sezione SN11, a cui corrispondono processi di esondazione aventi valore al colmo di circa 3 m³/s.

Procedendo verso valle, sempre lungo l'asta principale, gli ulteriori fenomeni di spagliamento a valle dell'abitato di spirano corrispondono ad un valore di portata al colmo pari a circa 4 m³/s.

A questi processi di esondazione si aggiungono quelli presenti lungo il reticolo di rogge interconnesse, come citato, che ammontano ad una portata al colmo in eccesso pari a circa 16 m³/s a monte e in corrispondenza dell'abitato di Spirano, a cui si aggiungono ulteriori 7 m³/s dovuti a processi di spagliamento a valle dello stesso.>>

8.1.4. PROPOSTE D'INTERVENTO

Lo studio idraulico di riferimento di cui è stata riportata di sopra l'analisi idrologica e idraulica, contiene la progettazione per la riduzione del rischio idraulico evidenziato per l'abitato di Spirano (denominato "Intervento 2 – derivatori del T. Morla a protezione dell'abitato di Spirano"). Si tratta della "realizzazione di canale diversivo dell'abitato di Spirano" così descritto all'interno del documento:

<<Al fine di mitigare il grado di rischio idraulico evidenziato per l'abitato di Spirano (cfr. Elaborato A – Relazione idrologico idraulica), è stato previsto e dimensionato un canale diversivo in grado di deviare i deflussi di piena non sostenibili dal reticolo urbano e restituirli a valle dell'abitato stesso.

Tale intervento, è ottenuto mediante l'incremento della sezione di deflusso di canali esistenti e regolato mediante la realizzazione di opportune opere di presa e derivazione, al fine di derivare dall'asta principale del t. Morla e dalle rogge interconnesse una parte delle portate di piena in transito e di deviarle all'esterno dell'abitato stesso.

La realizzazione dell'intervento complessivo è costituita da più derivatori, realizzabili anche in lotti funzionali successivi e con più alternative di tracciato individuate, e procedere in via prioritaria alla deviazione dei deflussi lungo l'asta principale del t. Morla e, secondariamente, al collettamento verso il diversivo dei deflussi in eccesso della rete di rogge.

In particolare, il tratto di monte del Derivatore 1 sottrae, all'altezza della Cascina S. Maria e immediatamente a valle dell'abitato di Comun Nuovo, circa 5 m^3/s dall'asta del torrente, in eccesso rispetto alla capacità di deflusso del tratto di valle del torrente stesso.

A questo apporto si sommano, alla confluenza del Derivatore 2, circa ulteriori 7 m^3/s, di cui 5 m^3/s provenienti dalle rogge del reticolo di bonifica a cui si aggiungono 2 m^3/s ulteriormente sottratti dall'asta del t. Morla, in modo da garantire l'officiosità idraulica dei tratti critici all'interno dell'abitato di Spirano.

A valle di tale abitato permangono invece i naturali processi di spagliamento delle portate di piena lungo le aree agricole, prima dell'immissione delle portate residue nel Canale di Gronda Sud.

Più in dettaglio per il Derivatore 2 e il Derivatore 3 sono state individuate due soluzioni progettuali, Soluzione A e Soluzione B, con differente sviluppo planimetrico.

Si tratta di due soluzioni paritetiche anche da un punto di vista economico, tuttavia la Soluzione A sembra meno impattante rispetto le abitazioni presenti ed anche per la vegetazione arbustiva esistente lungo la fascia ripariale del canale.>>

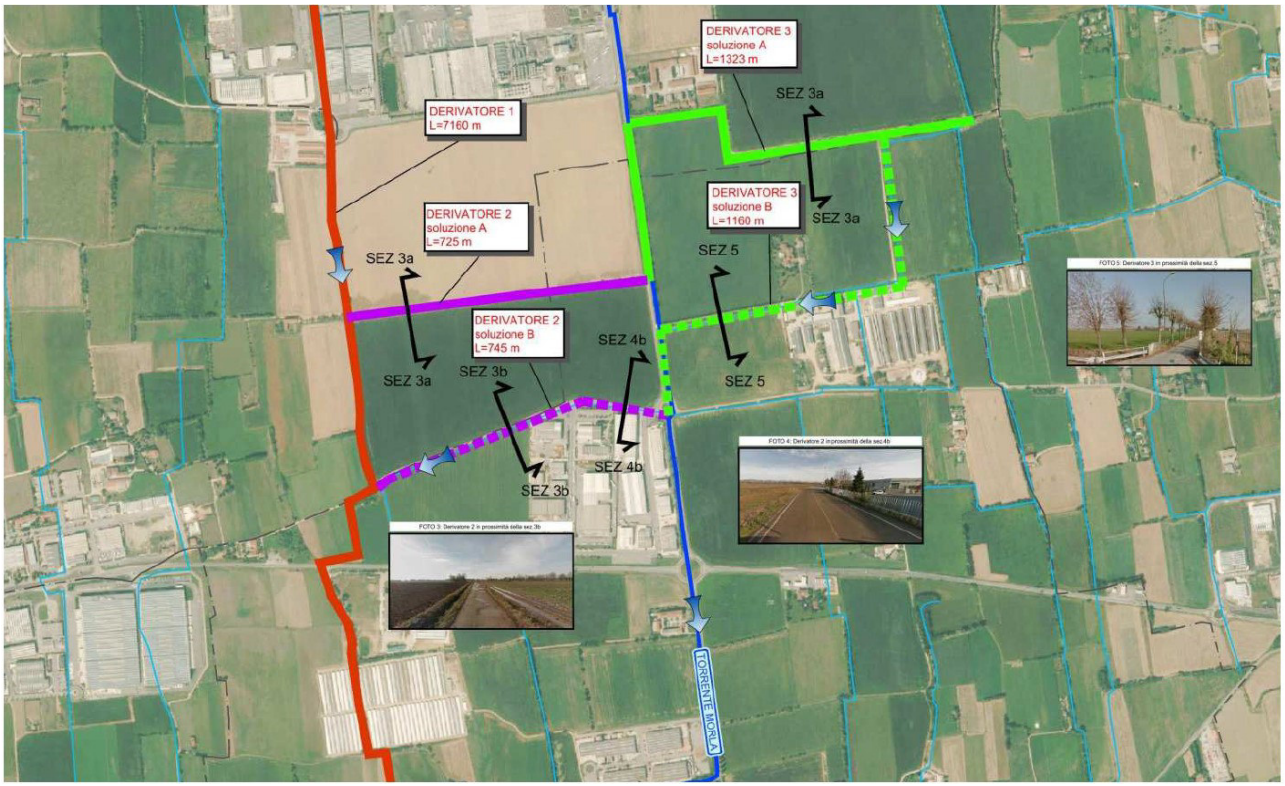


Figura 28 - Estratto "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" (Figura 14) – Derivatore 2 e derivatore 3 a protezione del centro abitato di Spirano

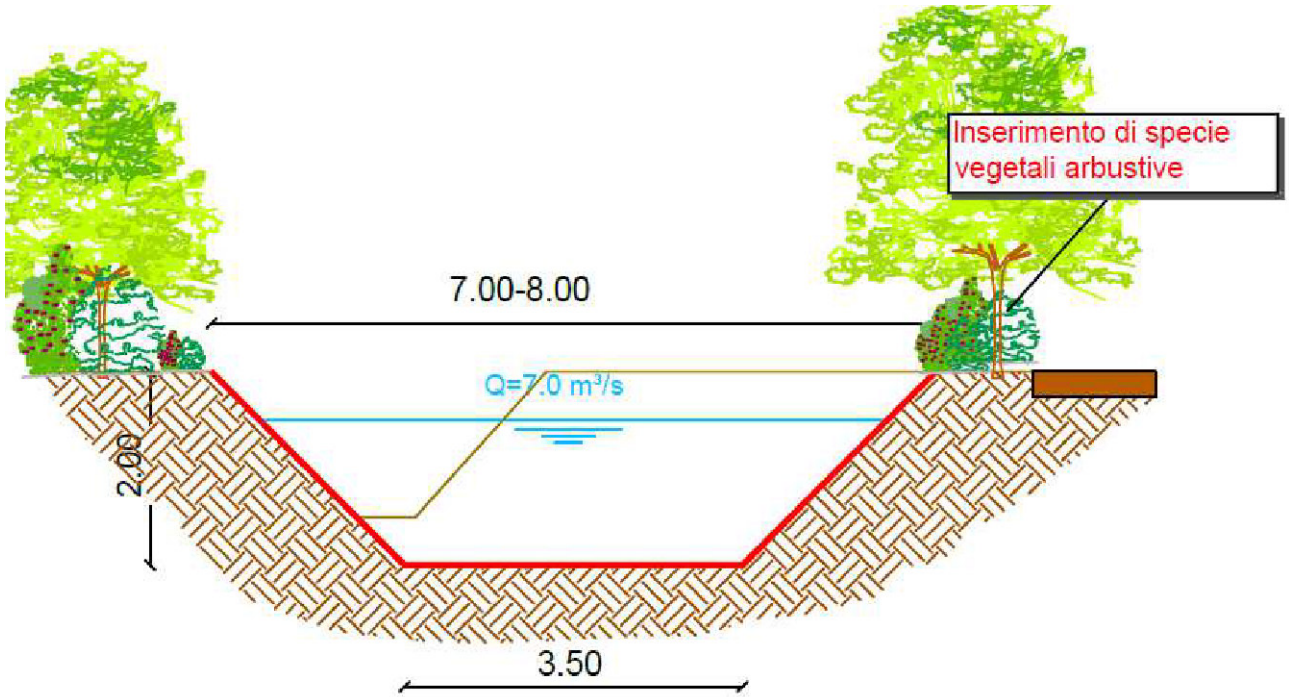


Figura 29 - Estratto "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse" (Figura 13) – Sezione tipologica di incremento della sezione di deflusso di canali esistenti per realizzazione del canale diversivo di Spirano

8.1.4.1. Altri interventi

In seguito al sopralluogo effettuato in corrispondenza del territorio comunale si propone quanto segue:

1) prevedere sistema per favorire autodispersione acque meteoriche fosso nel suolo ed evitare ingresso in fognatura (rialzo h=0,5-1 m);
2) migliorare gestione sfioratore SF6 via Spiranella: dal momento che il ramo della roggia "Pozzo Ceredelli" originariamente tracciato in prossimità dello sfioratore suddetto risulta mal funzionante, si propone di realizzare un collegamento al ramo della Morla di C. Nuovo e Spirano sul lato Ovest. A tal proposito si rimanda allo studio di fattibilità specifico del tratto in questione.

Nella Tavola 4, allegata al documento semplificato del rischio idraulico, sono stati inoltre indicate le seguenti proposte di modifica:

1. inserimento tratto di fosso colatore intubato sul lato Ovest del centro storico (da verificare anche in seguito ad allagamenti avvenuti nell'ultimo periodo);
2. inserimento tratto di fosso colatore esistente ad uso irriguo in cui attualmente scarica lo sfioratore SF6 di via Spiranella.

Si evidenzia infine la progettazione di un intervento strutturale di messa in sicurezza finanziato da Regione Lombardia con Decreto n. 9081 del 20/09/2016 in corrispondenza del T. Morla a monte della Città di Bergamo, in Località Valtesse, che consiste nella realizzazione di una briglia selettiva e di un canale scolmatore.

Allegato 1 - ENTI ATTUATORI PROGRAMMA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI E PRIORITARI NELLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO NONCHE' CONSEGUENTI A CALAMITA' NATURALI DGR 5399/2016

Titolo	Descrizione	Provincia	Comune	Località	Importo progettazione	Obiettivo progettazione	Ente Attuatore
Realizzazione di briglia selettiva e canale scolmatore lungo il torrente Morla a monte di Bergamo	Realizzazione di selettore materiale flottante e potenziamento dei processi dissipativi delle piene del torrente Morla a protezione della città di Bergamo	Bergamo	Bergamo	Valtesse	€ 116.000,00	esecutivo	Comune di Bergamo

8.1.1. CONCLUSIONI

In funzione di quanto esposto nei capitoli precedenti si conclude che le aree comprese nelle Mappe di Pericolosità del PGRA vigente sono frutto delle problematiche riscontrate sull'attuale rete irrigua e di colo; pertanto, sino alla messa in opera degli interventi proposti, la situazione relativa al rischio idraulico gravante sul territorio comunale resta identica a quella illustrata nel PGRA. Inoltre si evidenzia che l'osservazione delle ortofoto successive al 2012, sulla base delle quali è stata redatta la carta del rischio contenuta nel PGRA, non ha riscontrato la presenza di nuovi edifici che comporterebbe una doverosa riperimetrazione delle aree suddette. Tutte le classi di rischio R3 vengono quindi riconfermate.
Al fine di mitigare e gestire il rischio sull'edificato esistente, in accordo con quanto previsto dalle linee guida fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ") potranno essere adottate misure strutturali e non strutturali, che verranno riportate all'interno delle "Norme Geologiche di Piano".
Si ritiene comunque doveroso evidenziare quanto segue:

- ✓ le problematiche di natura idraulica individuate dal PGRA gravanti sul territorio comunale di Spirano sono ascrivibili al T. Morla e alle rogge connesse: Reticolo secondario di Pianura (RSP), nello specifico a canali irrigui del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca (CBMPB).
- ✓ Tali problematiche sono note sia all'Amministrazione Comunale sia al Consorzio di Bonifica.

✓ I fenomeni di allagamento, caratterizzati da bassi tiranti idrici (<0,50 m – vedi dati CBMPB), sono connessi prevalentemente alle esondazioni del T. Morla e delle rogge ad esso connesse.
✓ Il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e la Regione Lombardia hanno definito i principali interventi di riduzione del rischio idraulico tramite la realizzazione del cosiddetto PROGETTO DEL CANALE DIVERSIVO DELL'ABITATO DI SPIRANO, definito "Intervento 2 – derivatori del T. Morla a protezione dell'abitato di Spirano" nello "Studio idrogeologico, idraulico ed ambientale a scala di sottobacino idrografico del torrente Morla e delle rogge ad esso connesse".
Per quanto riguarda l'individuazione delle aree a rischio alluvione individuate dal PGRA presenti sul territorio comunale, ai quali è stato attribuito lo scenario di pericolosità "frequente" si ritiene che, a seguito della realizzazione e del collaudo delle opere di messa in sicurezza in progetto, esse possano essere automaticamente riclassificate nello scenario "raro" assumendo di fatto un valore "storico".
La diminuzione del grado di rischio allagamento per le aree individuate dal PGRA a seguito degli interventi di messa in sicurezza andrà anche considerato dagli enti competenti alla regolamentazione delle attività consentite, dei limiti e dei divieti nelle aree a rischio allagamento.

9. IDROGEOLOGIA

9.1. INTRODUZIONE

La carta idrogeologica raccoglie una serie di informazioni ricavate dall'analisi della cartografia esistente e dalla documentazione disponibile presso il Comune, la Provincia di Bergamo e la Regione Lombardia. Sono state così acquisite le stratigrafie dei pozzi per acqua e i relativi livelli piezometrici e per ciascuno di essi è stata redatta una scheda con le informazioni ricavate.
Mediante la correlazione dei logs stratigrafici è stato possibile ricostruire la geometria e la tessitura dei corpi idrici sotterranei e con essa esprimere alcune considerazioni circa la vulnerabilità degli acquiferi captati.

Nella fase d'analisi successiva è stato ricostruito l'andamento di massima della falda utilizzando i dati precedentemente citati, le quote delle testate dei fontanili attivi e dei livelli idrici misurati nel tempo.

In linea generale si registra una limitata soggiacenza della falda superficiale in tutto il territorio comunale di Spirano, compresa indicativamente tra 2 e 5 m di soggiacenza dal piano campagna, in funzione della piezometria e della morfologia del suolo.

In particolare nel centro abitato di Spirano è stata misurata una soggiacenza di circa 2,5 – 3,0 m dal p.c.

Tali dati sono stati sintetizzati nella carta idrogeologica allegata alla presente relazione.

9.2. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La conoscenza delle caratteristiche tessiturali del terreno oltre il primo sottosuolo è desunta dai logs stratigrafici dei pozzi pubblici e privati. La situazione tipo riscontrabile nel bacino padano, oggi ricostruita grazie all'apporto di studi specifici redatti dai diversi Autori, è schematizzata nella tabella seguente:

<table>
<tr><th rowspan="2">Sottounità</th><th colspan="2" rowspan="2">Unità idrogeologica</th><th rowspan="2">Caratteri idrogeologici</th><th colspan="2">Spessore</th></tr>
<tr><th>Alta pianura</th><th>Bassa pianura</th></tr>
<tr><td>Alluvioni e fluvioglaciale recente</td><td>Acquifero superficiale e primo acquifero</td><td rowspan="5">Acquifero tradizionale</td><td>Falde libere di elevata trasmissività nella parte alta della pianura</td><td>In media 40 m</td><td>Circa 10 m</td></tr>
<tr><td>Fluvioglaciale antico o "Diluvium medio"</td><td rowspan="3">Secondo acquifero</td><td rowspan="3">Falde semiconfinate nell'alta pianura, confinate nella media e bassa pianura, trasmissività media</td><td rowspan="3">In media 80 m</td><td rowspan="3">In media 120 m</td></tr>
<tr><td>Fluvioglaciale antico o "Diluvium medio"</td></tr>
<tr><td>Ceppo</td></tr>
<tr><td>Acquifero sotto il ceppo</td><td colspan="2">Acquifero profondo o terzo acquifero</td><td>Falde confinate, trasmissività scarsa</td><td colspan="2">Circa 150m</td></tr>
</table>

Tabella 7: schema delle unità idrogeologiche della pianura (da: Acque sotterranee in Lombardia)

Sostanzialmente, nella parte settentrionale della pianura il primo e secondo acquifero sono praticamente in contatto senza che esistano elementi di disconnessione idraulica (litozone limoso argillose) significativi. Nel complesso si può quindi parlare di un unico complesso acquifero "monostrato".
Spostandosi verso sud si osserva un incremento nella potenza delle litozone "impermeabili" che comportano una separazione dell'acquifero "monostrato" in un acquifero più superficiale "freatico" ed in un secondo acquifero più profondo (con presenza di falde in pressione).
I carichi piezometrici fra la prima e la seconda falda si differenziano gradualmente dalla media alla bassa pianura, dove gli interscambi fra i due acquiferi diventano via via meno significativi.

In corrispondenza del territorio comunale di Spirano la situazione è analoga a quanto riportato dai diversi autori, come sintetizzato nella sezione idrogeologica allegata. Sostanzialmente si riscontra la presenza di una prima litozona di natura fluviale e fluvioglaciale costituita da depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi di spessore compreso tra circa 25 e 50 m da piano campagna al di sotto della quale si rileva un evidente orizzonte a frazione fine avente spessore variabile compreso tra 50 e 70 m con letto posto ad una quota di variabile fra 50-70 m s.l.m., che presenta, in corrispondenza del settore settentrionale, frequenti intercalazioni conglomeratiche che ne riducono la continuità in senso verticale. Nel complesso il corpo mostra una buona estensione areale in direzione NS. Proseguendo in profondità si trova una nuova litozona costituita da depositi prevalentemente ghiaioso conglomeratici.

9.3. PIEZOMETRIA

La piezometria è stata ricostruita sulla base di misurazioni di livelli idrici in pozzi, fontanili e trincee di scavo. L'andamento della piezometria risulta da nord verso sud, con un gradiente nell'ordine del 6,5 per mille. Non si rilevano particolari ondulazioni delle isopieze né la presenza di assi di drenaggio preferenziali.

9.4. VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

Il modello DRASTIC (Aller et al. 1986) si basa sull'analisi di più fattori che, in base ad una ponderazione in funzione dei caratteri localmente riscontrati, esprimono la vulnerabilità di un acquifero. I fattori presi in considerazione dal modello DRASTIC sono sette (le loro iniziali formano l'acronimo DRASTIC):

D (Depth water)	*profondità dell'acquifero*
R (Recharge)	*ricarica dell'acquifero*
A (Acquifer media)	*caratteristiche dell'acquifero*
S (Soils media)	*caratteristiche del suolo*
T (Topography)	*topografia, clivometria*
I (Impact of vadose zone media)	*impatto della zona non satura*
C (Conductivity)	*conducibilità idraulica*

L'area in studio viene analizzata sulla base di ogni caratteristica sopra citata, associando determinati punteggi al territorio secondo alcune tabelle di riferimento; successivamente le intensità dei sette fattori vengono moltiplicate per un corrispondente valore di peso che varia in funzione dell'importanza quali-quantitativa attribuita ad ogni fattore.

Profondità dell'acquifero

I dati di soggiacenza vengono inseriti in un grafico dal quale si ottengono i punteggi relativi da valutare nella elaborazione finale dell'indice di vulnerabilità. Nell'area si individua una zona omogenea con soggiacenza compresa fra 1,5- 4,5 m.

Profondità della falda (m)	Punteggio
0 – 1,5	10
1,5 – 4,5	9
4,5 – 9,0	7
9,0 – 15,0	5
15,0 – 22,5	3
22,5 – 30,0	2
> 30	1

Tabella 8: Valori d'intensità del fattore D

(ripresi da Aller et al, 1988)

Ricarica attiva

I dati reperiti e/o calcolati vengono introdotti nella tabella e si ottengono direttamente i punteggi relativi. I campi di valori dell'infiltrazione efficace variano da 25 mm a oltre 260 mm. La variazione è di circa un punto ogni 30 mm fino a circa 250 mm dopodiché il punteggio rimane stabile a 9. L'area in oggetto presenta valori (considerando anche la ricarica irrigua) superiori ai 250 mm pertanto si assume un valore del punteggio pari a 9.

Ricarica netta (mm)	Punteggio
0 – 50	1
50 – 100	3
100 – 175	6
175 – 250	8
> 250	9

Tabella 9 :Valori d'intensità del fattore R

(ripresi da Aller et al, 1988)

Litologia dell'acquifero

Viene fornita una rosa di differenti litologie ad ognuna delle quali è assegnato un campo di punteggio ed un valore tipico nel quale valutare la situazione in esame.

Mezzo acquifero (m)	Punti
Argilliti compatte	1 – 3
Rocce ignee metamorfiche inalterate	2 – 5
Rocce ignee e metamorfiche alterate	3 – 5
Seq. sottili di marne, arenarie e argille	5 – 9
Arenarie compatte	4 – 9
Ghiaie e sabbie	4 – 9
Basalti fratturati	2 – 10
Rocce carbonatiche	9 - 10

Tabella 10 :Valori d'intensità del fattore A

(ripresi da Aller et al, 1988)

Tipologia del terreno di copertura

Viene fornita una rosa di tipi di suolo differenti per tessitura ad ognuno dei quali è assegnato un punteggio. In questo caso è presa in considerazione cautelativamente l'assenza di suolo (punteggio 10).

Ricarica netta (m)	Puntio
s. sottile o assente	10
s. ghiaioso	10
s. sabbioso	9
s. torboso	8
s. argilloso fessurato	7
s. franco sabbioso	6
s. franco	5
s. franco limoso	4
s. franco argilloso	3
s. argilloso a muck superficiale	2
s. argilloso compatto	1

Tabella 11 :Valori d'intensità del fattore S

(ripresi da Aller et al, 1988)

Acclività della superficie topografica

I valori ricavati dalle carte topografiche sono introdotti nel grafico per ottenere i punteggi corrispondenti. Una unità di punteggio corrisponde ad una variazione compresa tra il 2% e il 6% circa della pendenza.

Inc. della sup. topografica (%)	Punteggio
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1

Tabella 12 :Valori d'intensità del fattore T

(ripresi da Aller et al, 1988)

Litologia dell'insaturo.

Viene fornita una rosa di differenti litologie ad ognuna delle quali è assegnato un campo di punteggio ed un valore tipico nel quale valutare la situazione in esame.

Come nel caso della litologia dell'acquifero, sono fornite anche delle indicazioni per la scelta del punteggio più idoneo.

litologia	Punti
Limi e argilla	1 - 2
Argilliti	2 - 5
Marne	2 - 7
Arenarie	4 - 8
Strat. di marne arenarie e argille	4 – 8
Ghiaie e sabbie limi argillosi	4 – 8
Rocce ignee e metamorfiche	4 – 8
Ghiaie e sabbie	2 – 8
Basalti fessurati	6 – 9
Rocce carbonatiche	2 – 10
	8 - 10

Tabella 13 :Valori d'intensità del fattore I

(ripresi da Aller et al, 1988)

Conducibilità idraulica dell'acquifero

I dati di conducibilità idraulica disponibili sono introdotti in un grafico suddiviso in campi di valori sulla base della conducibilità idraulica dell'acquifero. Nella tabella di seguito viene evidenziato il dato assunto per l'acquifero in questione.

Cond. Idraulica (cm/s)	Punteggio
5,0E-5 / 5,0E-3	1
5,0E-3 / 1,5E-2	2
1,5E-2 / 3,5E-2	4
3,5E-2 / 5,0E-2	6
5,0E-2 / 1,0E-1	8
1,0E-1	10

Tabella 14 :Valori d'intensità del fattore C

(ripresi da Aller et al, 1988)

Una volta determinati i vari punteggi, l'indice di vulnerabilità intrinseca (PP) risulta dalla formula:

PP= D x Dw + R x Rw + A x Aw + S x Sw + T x Tw + I x Iw + C x Cw.

Dove Dw, Rw, Aw, Sw, Tw, Iw e Cw, rappresentano il peso relativo che viene dato a ciascun punteggio. Tale valore si può calcolare utilizzando due serie di pesi predeterminati (riportate nella tabella seguente): una stringa è stata predisposta per le aree con agricoltura intensiva a sostegno chimico (uso di fitofarmaci), l'altra stringa è destinata alle condizioni normali.

Parametro	Pesi assegnati aree con uso di fitofarmaci	Pesi assegnati condizioni normali
D	5	5
R	4	4
A	3	3
S	5	2
T	3	1
I	4	5
C	2	3

Viste le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area in esame, nella valutazione della vulnerabilità della falda, sono stati scelti i seguenti punteggi:

Parametro	D	R	A	S	T	I	C
Punteggio	9	9	6	9	10	5	6

I valori delle intensità così ottenuti portano ad una potenziale zonizzazione secondo 5 livelli di vulnerabilità intrinseca.

26 – 71	Vulnerabilità molto bassa
72 – 117	Vulnerabilità bassa
118 – 163	Vulnerabilità media
164 – 209	Vulnerabilità elevata
210 – 256	Vulnerabilità molto elevata

La determinazione del grado di rischio della vulnerabilità intrinseca della zona in questione viene calcolato nel seguente modo:

Area territorio comunale

FATTORE	*PUNTEGGIO*	*PESO*	
D	*9*	*x5*	*=45*
R	*9*	*x4*	*=36*
A	*6*	*x3*	*=18*
S	*9*	*x5*	*=45*
T	*10*	*x3*	*=30*
I	*5*	*x4*	*=20*
C	*6*	*x2*	*=12*
totale			*206 (vulnerabilità elevata)*

Per quanto riguarda la zona in questione, sulla base delle risultanze analitiche delle indagini esperite si può affermare che la falda freatica presenta un grado di vulnerabilità omogeneo esprimibile (riferendosi all'indice Drastic) come "**vulnerabilità elevata**".

10.CARTA DEI VINCOLI

10.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) APPROVATO CON DPCM 26-10-2016

Le aree potenzialmente allagabili di nuova introduzione contenute nel PGRA integrano il quadro conoscitivo del PAI. Tali aree sono state integrate all'interno dello Studio Geologico comunale al fine della definizione degli scenari di pericolosità e rischio idraulico a cui è soggetto il territorio di Spirano.
Come disposto dalla DGR X/6738 del giugno 2017 "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza", ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le aree allagabili definite dal PGRA devono essere integrate all'interno della pianificazione comunale.

Per il Comune di Spirano si evidenzia la presenza di due aree allagabili connesse al reticolo secondario di pianura (RSP), di seguito brevemente descritte:

- Torrente Morla: l'area di esondazione del T. Morla (e delle sue rogge derivate) interessa la porzione occidentale dell'abitato di Spirano, a partire dalla zona industriale PI di Viale Lombardia, fino al confine con Brignano Gera d'Adda. L'area interessa praticamente tutto l'abitato posto a ovest della SP 149- via Milano. Il rischio individuato varia da R1 a R3 in funzione della pericolosità e del danno atteso. All'area è stato attribuito uno scenario di pericolosità RSP "frequente (H)"- Tr 20 anni.

- Area a Est. L'area interessa marginalmente il territorio comunale di Spirano al confine con Urgnano e Cologno al Serio. La causa della criticità risulta essere il troppo pieno della fognatura di Urgnano. Il rischio individuato varia da R1 a R3 in funzione della pericolosità e del danno atteso. All'area è stato attribuito uno scenario di pericolosità RSP "frequente (H)"- Tr 20 anni.

Si evidenzia che le motivazioni a supporto della proposta di modifica dei limiti relativi all'area "Torrente Morla" sono consultabili nella relazione allegata ("Proposta di modifica delle aree allagabili").

10.2. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Sulla Carta dei Vincoli sono riportate le fasce di rispetto del Reticolo Idrico Minore soggette alle norme di polizia idraulica tratte dagli elaborati dello "Studio del Reticolo Idrico Minore" redatto dalla società Eurogeo Snc nel Maggio 2004. Tale studio è dotato di "parere tecnico favorevole" da parte della Regione Lombardia sede Territoriale di Bergamo.

10.3. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

10.3.1. ZONA DI TUTELA ASSOLUTA

La zona di tutela assoluta delle opere di captazione, prevista dal D.L.vo 3 aprile 2006, n.152 (art. 94), deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio e deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione e a infrastrutture di servizio.

10.3.2. ZONA DI RISPETTO

Al suo interno valgono le prescrizioni contenute al comma 4 dell'art. 94 del D.L.vo 3 aprile 2006, n.152. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere

infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693.
Nelle zone di rispetto dei pozzi è vietato l'inserimento di insediamenti produttivi che sono assoggettati alla disciplina di cui all'art.3 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n.4 per quanto concerne lo smaltimento delle acque di prima pioggia.

11.CARTA DI SINTESI

11.1. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Aree a elevata vulnerabilità degli acquiferi
Sono state inserite in questa classe le aree a vulnerabilità elevata dell'acquifero freatico. Considerata la modesta soggiacenza della falda e la permeabilità dei depositi superficiali l'area interessa tutto il territorio comunale. Il grado di vulnerabilità naturale è riferito principalmente all'acquifero freatico, poiché l'acquifero sfruttato ad uso idropotabile è collocato più in profondità ed è separato dal precedente da un setto a bassa permeabilità, la cui estensione è risultata omogenea su tutto il territorio comunale.

11.2. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Area allagabili definite nel PGRA (Revisione 2022)
Sono state accorpate in questa classe le aree soggette a possibili allagamenti come indicato dal PGRA.

11.3. AREE CHE PRESENTANO CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DA SCADENTI A DISCRETE

Ricadono all'interno di questa classe tutte le aree per le quali si è evidenziata la presenza di un primo livello di copertura di natura prevalentemente limoso sabbiosa avente scarse caratteristiche meccaniche e spessore compreso tra 1.0 e 2.0 m.

Palazzolo Sull'Oglio, settembre 2024

Dott. Geol. Marco Carraro
n. 701 o.g.l.

ALLEGATI

- **All.01 – Schede pozzi**
- **All.02 – Sezione idrogeologica**
- **All.03 – Indagini geofisiche**
- **All.04 – Indagini geognostiche**
- **All.05 – Proposta di modifica delle aree allagabili**