GeoArbor studio

Vermeer, Il Geografo - 1668

GEOARBOR STUDIO PROFESSIONALE

Dr. Geol. Carlo D. Leoni
Iscrizione N° 776 all'Albo
dell'Ordine dei Geologi
della Regione Lombardia
C.F. LNECLD59T23F205Z
Partita IVA 06708220964

- *Geologia*
- *Geotecnica*
- *Idrogeologia*
- *Indagini ambientali*
- *Pianificazione territoriale*
- *Cave, discariche*
- *Ripristini ambientali*
- *Indagini geognostiche*
- *Ingegneria naturalistica*
- *Pozzi*
- *Rilievi topografici*
- *Rilievi GPS*
- *Laboratorio geotecnico*
- *Studi Idroelettrici*

Rif. L1767

Città di
Gravellona Toce

STUDIO GEOLOGICO PER LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA PROGETTO DEFINITIVO

Relazione

Vaprio D'Adda, Aprile 2015

Dott. Geol. Carlo Leoni

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
LEONI CARLO DANIELE
geologo specialista
Albo n. 776 AP
Sezione A

via Mazzini, 4 - 20069 - Vaprio D'Adda (MI) 0295763037 - fax 0295761942 www.geoarbor.it info@geoarbor.it

SOMMARIO

1. Premessa 3
2. Inquadramento geografico 6
3. Caratteri generali del territorio di Gravellona Toce 7
3.1 Clima 7
3.1.1. Evento dell' 8 luglio 1996 8
3.1.2. Evento del 2000 10
3.2 Geologia 10
3.2.1 Il substrato roccioso, descrizione delle litologie 10
3.2.2 Depositi morenici (m) 12
3.2.3 Depositi fluviali (af) 12
3.2.4 Depositi alluvionali torrentizi (at) 13
3.2.5 Detrito di falda-frana (df) 13
3.2.6 Detrito misto (dm) 13
3.2.7 Detrito di cava (dc) 13
3.2.8 Coni di deiezione 14
3.3 Tettonica 14
3.4 Geomorfologia 15
3.5 Idrogeologia 16
3.6 Sismica 17
4. Descrizione ed analisi dei principali bacini idrografici 25
4.1 Rio Frassino 25
4.1.1 Inquadramento 25
4.1.2 Morfometria 25
4.1.3 Geologia e geomorfologia 26
4.1.4 Situazione geoidrogeologica 26
4.2 Rio Cirisolo 28
4.2.1 Inquadramento 28
4.2.2 Morfometria 28
4.2.3 Geologia e geomorfologia 28
4.2.4 Situazione geoidrogeologica 28
4.3 Rio Granerolo 29
4.3.1 Inquadramento 29
4.3.2 Morfometria 29
4.3.3 Geologia e geomorfologia 29
4.3.4 Situazione geoidrogeologica 30
4.4 Rio Lovich 31
4.4.1 Inquadramento 31
4.4.2 Morfometria 31
4.4.3 Geologia e geomorfologia 31
4.4.4 Situazione geoidrogeologica 32
4.5 Rio Inferno 34

4.5.1 Inquadramento 34
4.5.2 Morfometria 34
4.5.3 Geologia e geomorfologia 34
4.5.4 Situazione geoidrogeologica 35
4.6 Rio Valguerra 36
4.6.1 Inquadramento 36
4.6.2 Morfometria 36
4.6.3 Geologia e geomorfologia 36
4.6.4 Situazione geoidrogeologica 37
4.6.5 Interventi 37
4.7 Torrente Stronetta 38
4.8 Bacino dello Strona 39
4.8.1 Studio idraulico 39
4.9 Bacino fiume Toce e Lago Maggiore 42
4.9.1 Le piene del Lago Maggiore 44
4.9.2 Modelli idraulici disponibili 45
4.9.3 Marche di piena sulla piana terminale del f. Toce 46
4.9.4 Valutazione delle aree allagabili dalla piena del f.Toce a vari tempi di ritorno 48
5. Descrizione dei dissesti legati all'instabilità dei versanti 51
6. Caratteristiche geotecniche dei depositi incoerenti della piana alluvionale....52
6.1 Natura dei depositi 52
6.2 Stratigrafie dei pozzi 53
6.3 Indagini geognostiche effettuate 53
7. Banca dati geologica e ricerca storica....55
8. Idoneità all'uso urbanistico del territorio e considerazioni finali....57
8.1 Principi fondamentali della circolare p.g.r. n.7 lap 57
8.2 Considerazioni 58
8.2.1 Conoidi 59
8.2.3 Dinamica gravitativa 66
8.2.4 Fasce fluviali 67
8.2.5 Caratteristiche negative dei terreni. 67
8.2.6 Allagamenti per variazioni di livello lacustre o per innalzamento della falda freatica ..67
8.2.7 Disalvei 67
9. Idoneità all'uso urbanistico del territorio comunale....69

1. Premessa

Il presente lavoro costituisce il progetto definitivo dello Studio geologico a supporto del PRG che recepisce le osservazioni e i pareri dei servizi delle OO.PP. e di Difesa del Suolo della Regione Piemonte, con i Servizi Geologici e il Servizio Urbanistica di Verbania, pubblicati con D.G.R. n.55-11977 del 4 agosto 2009,inoltre recepisce il parere espresso dal gruppo disciplinare del 9 Novembre 2011 relativo alla proposta di 4 varianti ai vincoli idrogeologici.
Contemporaneamente vengono proposte 5 varianti ai vincoli, illustrati nel capitolo 8, che riguardano sia mere correzioni cartografiche che alcune proposte di modifica delle norme di alcune aree.

Lo studio geologico-tecnico del territorio comunale di Gravellona Toce e di un suo intorno significativo si é attuato con una serie di sopralluoghi svolti dal mese di giugno 1997 fino ad oggi.
Lo studio si é svolto nel pieno rispetto della normativa vigente, più precisamente nel corso delle indagini e della stesura della relazione si é fatto riferimento alle seguenti disposizioni:

- L.R. 56/77 “Tutela ed uso del suolo” e successive modifiche ed integrazioni, e relativa Circ. 16/URE, per quanto non in contrasto con la presente circolare.
- L.R. 19/85 “Snellimento delle procedure di cui alla legge 2/2/74 N.64, in attuazione della legge 10/12/81 N.741, e relative deliberazioni attuative”.
- L.R. 45/89 “Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici”.
- D.M. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità di pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- D.P.R. 236/88 “Attuazione della direttiva CEE n.80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell’art.15 della legge 16/4/87 N.183”.
- L. 183/89 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.
- Autorità di Bacino del Fiume Po - Deliberazione del Comitato istituzionale del 10/5/95 “Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell’assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici, nonché per il ripristino delle aree di esondazione.
- Autorità di Bacino del Fiume Po - Deliberazione del Comitato istituzionale N. 1/1996 del 5/2/96 “legge 183/89 art.17, comma 6-Ter. Attuazione della Deliberazione di Comitato Istituzionale N.19 del 9/11/95: Adozione del Progetto di Piano Stralcio delle fasce fluviali”.

- Circolare del Presidente della Giunta Regionale N. 7/LAP approvata in data 6 maggio 1996 con oggetto: "L.R. 5 dicembre 1977, N. 56, e successive modifiche ed integrazioni. Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici".
- Circolare N. 7/96 del 13 maggio 1996 dell'Ordine dei Geologi del Piemonte: "Indagini geologiche per i progetti di P.R.G.C."
- Schema Previsionale e Programmatico del Bacino del Toce approvato con DPCM 7/12/95
- Piano Stralcio per la difesa idrogeologica e della idrografica del Bacino del Po, ai sensi dell'art.17, comma 6-ter della Legge 18 Maggio 1989, N.183 e successive modifiche ed integrazioni. ("Piano Fasce Fluviali "), adottato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po nel mese di ottobre 2004.

In particolare il presente studio costituisce uno strumento per formulare una nuova proposta dei vincoli per l'idoneità all'utilizzazione urbanistica, così come proposto dalle recenti disposizioni.

La presente relazione si articola su tre fasi distinte corredate da una cartografia in scala adeguata:

PRIMA FASE: Analisi (sopralluoghi, ricerche bibliografiche, consultazione banca dati regionale, dati di enti pubblici, ecc.) di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico, ecc. per la valutazione della propensione al dissesto dell'intero territorio comunale e di un intorno significativo.
Tutto rappresentato con una cartografia in scala 1/10.000.

SECONDA FASE: Sulla base della valutazione dei processi in atto o potenziali del territorio si provvederà ad una zonizzazione dell'intero territorio comunale attraverso una Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con la descrizione della propensione all'uso urbanistico, in scala 1:5000 e 1:2000.

TERZA FASE: La Carta di Sintesi prodotta verrà ulteriormente dettagliata per tutta l'area di pedemontana e di pianura, con indicazioni specifiche di carattere idrologico, idrogeologico e geotecnico.
Stesura della relazione finale geologico-tecnica corredata della descrizione puntuale della cartografia prodotta, delle indagini effettuate e di relativa documentazione fotografica.
I prodotti di questo lavoro sono pertanto:

Relazione
Elaborato n. 1 - Corografia e individuazione dei principali bacini idrografici
Elaborato n. 2 - Carta geologico-strutturale
Elaborato n. 3 - Sezione geologica

Elaborato n. 4 - Carta geomorfologica , dei dissesti della dinamica fluviale e del reticolo minore
Elaborato n. 5 - Carta dell'acclività
Elaborato n. 6 - Carta geoidrologica
Elaborato n. 7 - Carta delle opere censite
Elaborato n. 8 - Carta dell'evento del 2000 per il fiume Toce e delimitazione aree esondabili del torrente Strona
Elaborato 8b - Sezioni
Elaborato n. 9 - Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni
Elaborato n. 10 - Carta della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'autorizzazione urbanistica (con Varianti)
Elaborato n. 11 - Carta dei corsi d'acqua (con varianti)
Elaborato n. 12 – Carta di sovrapposizione della fattibilità geologica con azzonamento urbanistico
Allegato 1: Norme tecniche (con variante)
Allegato 2: Documentazione fotografica
Allegato 3: Figure e tabelle
Allegato 4: Schede conoide e schede Sicod
Allegato 5: Cronoprogramma e tavole
Allegato 6: Controdeduzioni alle osservazioni (con variante)

2. Inquadramento geografico

Il territorio comunale di Gravellona Toce, appartenente alla nuova Provincia del Verbano-Cusio-Ossola, é esteso per una superficie di 14,67 kmq.

E' situato all'incrocio della parte terminale della Val D'Ossola con la Val Strona.
Il territorio é distribuito da un punto di vista altimetrico in tre fasce distinte:
La parte alle quote inferiori, rappresentata dalla piana alluvionale del fiume Toce, rappresenta circa il 15% dell'intero territorio, il 25% é distribuito in conoidi alluvionali con piccole e medie pendenze (non superiori al 20-30%) e il 60% in territorio montuoso con versanti generalmente uniformi con pendenze medie del 40-50% con alcune pareti sub-verticali.
La parte in pianura é intensamente antropizzata da insediamenti di carattere industriale e residenziale, la parte pedemontana esclusivamente da insediamenti abitativi e la parte montana é completamente disabitata con sporadici alpeggi ma non più utilizzati.
Il territorio é delimitato a nord dal fiume Toce, a sud dalla val Strona con il comune di Casale Corte Cerro, ad est dalla piana alluvionale del territorio di Verbania e Baveno e dal massiccio montuoso del Mottarone (1491 m.s.l.m.) sempre appartenente al territorio di Baveno, ad ovest dal massiccio del Monte Cerano (1701 m.s.l.m.) che appartiene al comune di Casale C.C.

3. Caratteri generali del territorio di Gravellona Toce

3.1 Clima

Un'analisi puntuale del clima del territorio di Gravellona Toce non può prescindere da un discorso di più ampio respiro che comprenda anche parte delle zone e dei comuni circostanti.
Il clima ha sempre svolto un'azione fondamentale nell'evoluzione del territorio, a maggior ragione nella zona di Gravellona Toce, caratterizzata da geomorfologia articolata.
Per quanto concerne le precipitazioni medie annue, si può fare riferimento alla "Carta delle Potenzialità Pluviometriche di 12 mesi" di A. Carollo, F. Contardi, V. Libera e A. Rolla, relativa alla ricerca "Hydroclimatic Cartography of the Lake Maggiore Drainage Basin", pubblicata nel 1985 dal C.N.R. e dall'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza.
Tale "Carta" raccoglie ed elabora in dettaglio i dati di stazioni appartenenti al bacino del Lago Maggiore ed areali limitrofi per un periodo di osservazione di 50 anni (1921-1970) ed indica, per il territorio in esame, precipitazioni attorno a 2100-2200 mm medi annui, per un numero medio annuo di giorni piovosi pari a circa 90.
Le precipitazioni tendono a diminuire gradualmente in direzione sud-ovest verso il Lago d'Orta (Omegna: 1900-2000 mm medi annui) e in direzione est verso il Lago Maggiore (Pallanza: 1700-1800 mm medi annui), mentre appaiono aumentare progressivamente in direzione nord (Ornavasso: 2300-2400 mm medi annui). Il versante nord orientale del Monte Mottarone presenta invece una piovosità media annua pari a quella della zona di Gravellona Toce.
Rilevamenti più recenti -riferiti agli anni dal 1988 al 1996 per le stazioni limitrofe a Gravellona Toce- confermano in linea generale i dati sopra espressi, ad accezione della stazione di Pallanza che presenta una maggiore piovosità (1872 mm medi annui), e della stazione di Mergozzo, notevolmente più asciutta (1617 mm medi annui), come si può osservare nella tabella sottostante.
L'intera area è comunque compresa entro valori medi annui decisamente superiori a quelli della regione italiana (rapporto di 2:1, relativamente al periodo 1921-1950) e a quello della stessa regione alpina.
Sulla stessa "Carta" sono inoltre riportate le precipitazioni estreme relative a 12 mesi consecutivi, riferite sempre al medesimo intervallo di tempo (anni 1921-1970): il valore massimo per la zona di Gravellona Toce è di circa 4200 mm, il minimo compreso tra 800 e 900 mm. Considerando le aree circostanti si può notare come l'andamento degli eventi eccezionali sia massimi che minimi ricalchi, arealmente, quello delle precipitazioni medie annue: la distribuzione degli eventi eccezionali non sarebbe perciò puramente casuale, ma sembrerebbe strettamente legata all'andamento delle precipitazioni medie.

La "Carta delle Precipitazioni Stagionali", curata contestualmente dagli stessi Autori, mostra come le precipitazioni nell'area in esame si distribuiscano, nell'arco dell'anno, con due massimi (primaverile ed autunnale) e due minimi (estivo ed invernale), classificandosi quindi come un regime di tipo "Sublitoraneo Alpino". Più in particolare si può notare come la flessione estiva sia sempre contenuta, a differenza del minimo invernale piuttosto marcato (300-400 mm), e come la stagione autunnale (600-700 mm) sia lievemente più piovosa rispetto a quella primaverile (circa 600 mm), sebbene il massimo pluviometrico annuo si registri con le precipitazioni di maggio.
La "Carta delle precipitazioni massime di 1 giorno" riporta per la zona di Gravellona Toce un valore di circa 180 mm ed un coefficiente di variazione "C" pari a circa 0.36.

3.1.1. Evento dell' 8 luglio 1996

Nelle prime ore del giorno 8 luglio 1996 si abbatteva nel Cusio e nel Verbano un intenso nubifragio che interessava i versanti settentrionali, occidentali e meridionali del Monte Mottarone oltre ad una ristretta fascia di versanti nell'entroterra di Verbania, operando imponenti dissesti idrogeologici nella maggior parte dei bacini imbriferi montani ed ingenti danni alle strutture ed infrastrutture urbanistiche nei Comuni di Gravellona Toce, Baveno e Omegna. In particolare nel Comune di Gravellona Toce i danni maggiori sono stati causati dal Rio Frassino, dal Rio Granerolo e da diversi corsi d'acqua minori provenienti dal Monte Zucchero e dal Monte Camoscio.
Le precipitazioni erano brevi ed intense, sicuramente di carattere eccezionale, e raggiungevano altezze fra le maggiori mai registrate nell'areale (circa 150 mm di pioggia in due ore registrate nella stazione del Monte Mottarone). Le piogge si dimostravano più intense (stazione Mottarone CAI) tra le ore 00.40 e le ore 03.00 dell'8 luglio.
Una relazione del Servizio Meteo-Idrografico della Regione Piemonte a cura di S. Barbero e C. Marchisio e un lavoro a cura di Italo Isoli e Angelica Sassi per conto della provincia di Verbania-Cusio-Ossola affrontano in specifico l'evento in questione e tutte le vicende connesse, anche per meglio stimare, per il futuro, i necessari parametri da utilizzare nella progettazione idraulica dell'area. Ad essi, ed in particolare alla "Analisi delle precipitazioni evento alluvionale 8/7/96" di Isoli e Sassi, si rimanda preliminarmente per ogni dettaglio.
Lavori precedenti svolti da V. Maione e successivamente ripresi in uno studio del 1994 per il riassetto idrogeologico dei Comuni della Provincia Di Novara, a cura di G. Chieu, G. Sauli, G. Bellotti e F. Palmieri, portavano all'elaborazione di curve di possibilità pluviometrica che fornivano valori di precipitazione di durata oraria, a tempo di ritorno millenario, inferiori o simili a quelli verificatisi nell'evento dell'8 luglio ed in altri casi recenti nell'areale di Gravellona Toce. Alle precipitazioni di durata più breve (10'-20') del giorno 8 luglio competono invece, secondo tale studio, tempi di ritorno molto più brevi (10-20 anni).

Analizzando l'andamento delle precipitazioni riportate sopra in tabella (fonte C.N.R.-Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza), si può notare come le precipitazioni di Pallanza siano le più alte per durate di 20', 30', 40', 50', 70', 80', e 90' mai verificatesi nell'areale e quelle del Monte Mottarone le massime registrate per durate fra 100' e 120'. La precipitazione di 105.2 mm in 1 ora rappresenterebbe il massimo assoluto sul bacino del Lago Maggiore sia in Italia che in Svizzera, mentre la pioggia di 20 mm in 10' di Orta è invece superata dalla precipitazione di Gignese dell'11/8/1958 di 22 mm in 10'.
In ogni caso riprendendo, a riguardo dell'eccezionalità dell'evento in cui pare che si siano superati valori di intensità istantanea di 4 mm al minuto primo, il parere degli autori appena citati, si può osservare come «.....l'eccezionalità dell'evento dell'8 Luglio 1996 risulta più vistosa per le precipitazioni di durata compresa fra 40' e 120' (30-50% superiore ai valori massimi mai registrati) rispetto alle precipitazioni di durata inferiore (10-20% superiore a valori massimi registrati).». In effetti, alla precipitazione di 150 mm in due ore viene associato un tempo di ritorno plurisecolare (S. Barbero e C. Marchisio). Il lavoro di I. Isoli e A. Sassi propone attraverso un'accurata analisi ed elaborazione delle serie storiche conosciute, ulteriori valutazioni sui tempi di ritorno delle altezze di pioggia registrate durante l'evento dell'8 luglio, come si può osservare nella tabella sotto riprodotta.

DURATA (min)	ALTEZZA PIOGGIA 8/7/96 (mm)	TEMPO DI RIT.(anni)
10'	20.0	10
20'	37.2	42
30'	51.8	76
45'	76.6 (estrap.)	131
60'	105.2/96.6	300/200
120'	147.8	>300

3.1.2. Evento del 2000

Precipitazioni di elevata intensità hanno colpito, nei giorni 13 e 16 ottobre 2000, vaste aree del Piemonte con danni diffusi e gravissimi su non meno del 25% del territorio regionale compreso il capoluogo regionale, Torino, coinvolto in modo sensibile da processi lungo il reticolato idrografico.
Risultano comunque interessate, in modo meno eclatante, vaste aree dell'intero territorio regionale tra le quali il biellese, le zone del cuneese e dell'astigiano e aree del Verbano.
La tavola n.8 evidenzia in maniera semplice e immediata la situazione dell'evento con la perimetrazione delle aree allagate grazie ad un preciso rilievo topografico con metodologia GPS che ha permsso di identificare delle marche di piena nei giorni immediatamente successivi all'evento.
Ulteriori descrizioni sono contenute nel paragrafo 4.9.3.

3.2 Geologia

Il territorio di Gravellona Toce é inserito in una fascia di rocce intrusive e metamorfiche appartenenti alle "Serie dei Laghi" e alla "Serie dioritico-kinzigitica", appartenenti al settore geologico delle Alpi Meridionali. L'insieme di queste formazioni é denominato "Massiccio dei Laghi", questo nome é dovuto alla posizione geografica, anche se la sua estensione, per la parte granitica, si spinge fino a Biella.
Queste rocce sono di età "ercinica", ovvero dovute ai fenomeni orogenetici del tardo Paleozoico.
La carta geolitologico-strutturale (Elaborato 2) illustra la distribuzione areale dei litotipi presenti e delle dislocazioni tettoniche.

3.2.1 Il substrato roccioso, descrizione delle litologie

Serie Dioritico-Kinzigitica
Presente nella parte nord-ovest dell'area, oltre i limiti dei confini comunali, costituita da una serie di rocce metamorfiche di alto grado formate in prevalenza da kinzigiti, paragneiss, micascisti con frequenti filoni pegmatitici e vene di quarzo. Queste rocce costituiscono la parte settentrionale e le cime più elevate del Monte Cerano lambendo il territorio di Gravellona Toce ai confini con il comune di Ornavasso.

Serie dei Laghi:
Presente per gran parte del territorio, é composta da micascisti e paragneiss intercalati da ortogneiss granitici e tonalitici. Spesso gli gneiss si presentano intensamente migmatizzati, di colore grigio che prendono il nome di Cenerigneiss **(Cg)** ricoprendo le pendici orientali del monte Cerano. Sono presenti inoltre in

sporadici affioramenti in prossimità del Rio Inferno e in località Case Morandi al livello della piana alluvionale.

La serie é intrusa dai potenti plutoni ercinici composti essenzialmente da graniti biotitici a grana grossa con alcune zone a granulometria minuta, microgranulare, come il granito a due miche di Pedemonte.

I plutoni prendono il nome di Graniti dei Laghi, sono graniti di colore bianco e roseo (soprattutto nella zona di Baveno), a volte con colore verde (granito di Mergozzo, sul Montorfano) per la presenza di biotite cloritizzata.
Il granito é composto da quarzo, feldspato alcalino (che assume delle colorazioni dal bianco al rosa, più raramente rosso), plagioclasio e biotite (verde o nera).
Tutto il granito della serie é stato soggetto a forti coltivazioni nel passato, e lo é tuttora, ma solo nella cave situate fuori dai confini comunali:
- Cave di Baveno, granito rosa
- Cave di Montorfano, granito bianco
- Cava di Mergozzo, granito verde

La cartografia dei diversi graniti é stata eseguita sulla base della terminologia proposta da Boriani (Boriani A. (a cura di), 1987 - Carta Geologica dei Graniti dei Laghi - Dipartimento di Scienze della Terra, Milano.)

Granito Bianco a due miche o Granito di Pedemonte **(Gb)**
Si tratta di un granito microgranulare, con tessitura minuta in cui vengono evidenziate due miche
Presente soprattutto sul versante del Monte Cerano , costituendo tutti i bastioni rocciosi visibili anche dalla piana. Si rinviene anche per una lunga fascia sul Monte Mottarone nella zona sopra l'abitato di Granerolo

Granito Bianco dei Laghi **(Gbl)**
Granito granulare composto da quarzo, feldspato potassico, plagioclasio e biotite. Forma il massiccio del Mont'Orfano con una zona ricca di clorite che da una colorazione verdastra. Costituisce quasi interamente il versante settentrionale del Monte Mottarone, nei bacini del Rio Frassino e Rio Cirisolo

Granito di Transizione tra Bianco e Rosa **(Gbr)**
E' un granito di caratteristiche simile solo che la colorazione assume varietà tendenti al rosa a causa della colorazione del feldspato potassico che diventa di un bel rosa solo nella zona di Baveno. Presente alle alte quote del Monte Mottarone e sulle pendici del Monte Camoscio.

Granito Rosa di Baveno **(GrB)**
Presente in prossimità della vetta del Monte Mottarone, sul Monte Zucchero e sul Monte Camoscio nel territorio comunale di Baveno, sede di importanti attività estrattive. Il granito é composto da quarzo, ortoclasio, oligoclasio e biotite, in alcune

zone il feldspato non é roseo, anzi é completamente bianco. Si rinvengono altri minerali come lo zircone, magnetite, fluorite, apatite, zeoliti e mica bianca.

Filone Basico **(Fb)**
Presente unicamente con un filone sulle pendici del Monte Mottarone in prossimità del fiume Strona. Costituito da una intrusione basica eruttiva composta da roccia di tipo gabbrodiorite.

Nella carta geologica vengono riportate in legenda anche le simbologie delle giaciture che sono state riscontrate solo in rare occasioni durante i rilievi eseguiti nel corso di questi anni. Le formazioni granitiche e metamorfiche presenti nell'area non hanno evidenziato particolari strutture di giacitura tali da renderle cartografabili.

3.2.2 Depositi morenici (m)

Si tratta dei depositi prodotti dall'azione erosiva dei ghiacciai dell'età quaternaria, del periodo noto in letteratura come fase Würmiana.
Sono presenti in tutto il territorio di Gravellona Toce, distribuiti solo sui versanti e soprattutto nelle aree di contropendenza dove l'attività fluviale o gravitativa non ha asportato i depositi lasciati dal passaggio del ghiacciaio.
Si tratta in genere di depositi costituiti da clasti a spigoli vivi, a volte
arrotondati in parte, con granulometrie molto variabile. Si rinvengono spesso dei trovanti, altre volte si riscontrano dei sedimenti molto fini, quasi argillosi testimoni di una sedimentazione fluvio-glaciale marginale di aree isolate dove l'acqua di fusione permetteva il deposito di sedimenti molto fini (esempio in Val Frassino in prossimità dei detriti della Cava Cirla).

3.2.3 Depositi fluviali (af)

Si riferiscono ai depositi presenti nella piana alluvionale formata dal fiume Toce e dal fiume Strona, affluente di destra.
I sedimenti dei due fiumi si interdigitano proprio nell'area di Gravellona, anche se se prevalgono i sedimenti più fini relativi al trasporto del Toce. Il fiume Strona, assume a volte delle caratteristiche torrentizie alimentando la piana alluvionale con l'apporto di sedimenti grossolani, quali sabbie grosse, ciottoli e a volte blocchi. Tutta la piana alluvionale é di fatto composta da un'alternanza di sabbie e ghiaie, generalmente inclinate verso il fondovalle e verso la foce del Toce, per spessori variabili. La potenza della successione sedimentaria alluvionale é di circa 30 metri, variabili da zona a zona. Al di sotto si rinvengono in genere delle successioni fini, torbose, riconducibili ad un ambiente lacustre di sedimentazione tranquilla e ricca di apporti organici. Tali sedimenti testimoniano l'antica estensione del lago Maggiore che in epoca recente lambiva il Montorfano arrivando probabilmente con delle acque basse fino alla zona di Ornavasso. Lo stesso lago di Mergozzo sarebbe una grossa lanca

lacustre isolata dagli ingenti apporti detritici del fiume Toce che lo hanno isolato dal resto del lago.

3.2.4 Depositi alluvionali torrentizi (at)

Sono distribuiti in maniera discontinua lungo le aste dei principali torrenti del territorio di Gravellona Toce. Si tratta di depositi di materiale sciolto, grossolano in genere, con la presenza di grossi blocchi depositatesi in occasione di forti apporti detritici in concomitanza di eventi meteorici significativi. Tali depositi sono solo in minima parte colonizzati e stabili, in generale si tratta di entità in continua evoluzione a causa delle forti correnti e della dinamica torrentizia che potremmo definire di tipo alpino.

3.2.5 Detrito di falda-frana (df)

Distribuito soprattutto alle pendici dei versanti in forte pendenza che si affacciano sulla valle del Toce, depositi minori si rinvengono un po' sparsi sul Monte Mottarone, sia sui versanti interni dei bacini minori, sia lungo gli impluvi, a volte alternati o misti alle alluvioni torrentizie presenti. Sono i
depositi formatisi in seguito al ritiro dei ghiacciai e ai crolli successivi delle pareti rocciose escavate dal ghiacciaio stesso. Sono costituiti da blocchi misti a materiale più fine a volte cementati o debolmente cementati dalle acque di percolazione (foto 3.2).

3.2.6 Detrito misto (dm)

E' una forma mista tra i depositi di versante e i depositi morenici, la loro identificazione precisa è di difficile valutazione pertanto vengono cartografati in carta come depositi misti. Costituiscono una larga fascia sulle pendici del Monte Cerano, distribuita tra il Rio Inferno e l'abitato di Casale Corte Cerro.

3.2.7 Detrito di cava (dc)

Sono i detriti di scarto delle attuali lavorazioni di cava presenti solo al di fuori del territorio comunale. L'esteso deposito di detrito della cava Cirla, situata sul territorio di Baveno interessa però da un punto di vista geologico anche il territorio di Gravellona Toce, in quanto il detrito viene scaricato nell'impluvio del rio Cirla che é affluente di destra del rio Frassino.

3.2.8 Coni di deiezione

Presenti allo sbocco di tutti i torrenti nella piana alluvionale sono costituiti da materiale di apporto fluviale. La grandezza delle conoide é indicativa sulle potenzialità di trasporto del torrente. Appare evidente in cartografia le differenze di estensione tra le diverse conoidi.
La conoide più estesa e senz'altro la conoide del torrente Strona, che é ormai completamente colonizzata dall'abitato di Gravellona e soprattutto appare ormai "sepolta" dalle alluvioni fluviali del fiume Toce. Il torrente Strona é stabilizzato nella sua sede fluviale attuale e la conoide é priva di ogni ulteriore possibilità di evoluzione.
Altre conoidi molto ben sviluppate sono quelle del rio Frassino e del rio Inferno, le quali sono ancora potenzialmente attive per larghi settori della conoide stessa, pur essendo (soprattutto sul rio Inferno) fortemente colonizzate da unità abitative.
Stranamente la conoide del rio Cirisolo ha una estensione molto limitata, nonostante il bacino di alimentazione sia di 2,56 kmq, contro i 3,79 del rio Frassino. Ciò é imputabile ad una diversa erodibilità e stabilità dei versanti dei due bacini di alimentazione.

3.3 Tettonica

La struttura odierna di questo tratto della Val D'Ossola é dovuta al grande ciclo magmatico di età permiana a carattere plutonico con manifestazioni vulcaniche e filoniane che hanno permesso il posizionamento degli attuali plutoni granitici. Questi plutoni si sono intrusi negli scisti, con un contatto netto e discordante (Bigioggero B. e Boriani L.).

Le vulcaniti sono presenti con manifestazioni presenti sul versante del Monte Cerano, con litotipi di natura basica rappresentate da gabbrodioriti, presenti anche sul massiccio del Mottarone con una lente allungata in prossimità del torrente Strona.
Le attività filoniane sono evidenti soprattutto sul versante del Monte Cerano con filoni quasi migmatitici e aplitici (foto 3.4).
Dopo l'attività permiana la zona non é stata soggetta a fenomeni tettonici di rilievo.
Le discontinuità tettoniche presenti nell'area ed evidenziate in carte si riferiscono esclusivamente a zone di frattura dovute ad assestamenti e alla messa in posta dei plutoni o a faglie presunte data la presenza di un'orografia abbastanza regolare. Tali linee supposte, potrebbero essersi instaurate al momento della genesi degli stessi plutoni.

La particolare natura delle rocce affioranti () ha reso estremamente difficile un rilievo di dettaglio delle strutture interne (filiazioni, lineazioni, clivaggio, etc.);
Viste le finalità del rilievo geologico effettuato, volto soprattutto a identificare le formazioni e le strutture geologiche dell'area in oggetto, e vista la notevole estensione del territorio comunale, si è ritenuto di non effettuare un rilievo di dettaglio

della struttura e giacitura delle rocce affioranti, vista anche la particolare natura delle stesse (rocce metamorfiche ed ignee per lo più di tipo granitoide).

3.4 Geomorfologia

Gli aspetti più evidenti sono illustrati negli elaborati n°4 e n° 5.
La prima evidenzia quali sono le aree a maggior pendenza e potenzialmente soggette a fenomeni di instabilità. Si é scelto di evidenziare solo 4 classi di pendenza in quanto si ritiene superfluo un dettaglio successivo ai 35° di pendenza in quanto oltre questo valore tutto il versante diventa ripido e soggetto all'innesco di diversi fenomeni gravitativi.

Classe 1 0° - 15°
Classe 2 15° - 25°
Classe 3 25° - 35°
Classe 4 > 35°

Nella classe 1 ricade tutta la piana alluvionale e la quasi totalità delle aree di conoide.
Nella classe 2 ritroviamo la maggior parte dei crinali, anche alle alte quote, e i primi "terrazzi" glaciali in prossimità della piana.
Nella classe 3 e 4 vi sono tutti i versanti dei monti Mottarone e Cerano. E' sintomatico osservare che la classe 4 é presente al margine settentrionale del Mottarone dove il passaggio del ghiacciaio ha levigato la parete lasciandola con tratti molto inclinati.
Difatti la geomorfologia del territorio di Gravellona Toce é caratterizzata innanzitutto dalle profonde forme di natura glaciale che hanno modellato la valle dell'Ossola e le valli laterali lasciandole pensili rispetto la valle principale. L'attività dei ghiacciai ha modellato le valli con un'intensa attività di erosione ma anche di trasporto, con la deposizione di ingenti quantitativi di materiale morenico sulle pendici dei versanti.
Diffuse sono le forme dovute alla gravità che hanno generato estesi depositi di detrito di versante **(dv)** e detrito di falda **(df)** e detrito di frana **(df)**.
La genesi e la costituzione dei primi due depositi sono stati descritti precedentemente mentre sul detrito di frana occorre precisare che si tratta perlopiù di scivolamenti gravitativi della copertura detritico-coluviale. La gran parte di queste forme sono state ricavate attraverso l'analisi delle foto aeree (volo 1980-81 scala 1:13.000, volo 1991 scala 1:37.000).
E' stato possibile inoltre consultare il sia L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI), sia Il Progetto AVI (Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche).

Nella cartografia sono state riportati i limiti dei dissesti franosi presenti nella cartografia dell' Inventario IFFI. In particolare sono stati evidenziati nel territorio di Gravellona Toce le seguenti tipologie di dissesto: scivolamento rotazionale/traslativo quiescente, colamento rapido, frana compessa quiescente.

Alcune forme sono state riscontrate durante i sopralluoghi e si può ritenere che per la maggior parte si tratta di piccoli fenomeni di scivolamento gravitativo potenziati da fenomeni meteorici significativi che portano il terreno di coperture ad aumentare di peso per l'assorbimento di acqua e perdere di coesione. Altre volte si tratta di erosioni al piede, operate dai torrenti a o da fenomeni antropici come le frane lungo la linea dell'acquedotto in val Cirisolo dove gli scivolamenti si sono avuti a monte del tracciato della tubazione.
Nella cartografia sono stati evidenziati all'interno dei depositi fluviali, oltre ai depositi alluvionali torrentizi **(at)** e le alluvioni recenti **(ar)** precedentemente descritte, anche le alluvioni attuali **(aa)**, si tratta della alluvioni deposte ma in continua evoluzione come quelle presenti sul Toce e sullo Strona. Alla foce del torrente Strona, occorre dire che le alluvioni attuali situate dove attualmente vi é un deposito e fabbrica di inerti, sono protette da un poderoso argine che ha ristretto tutta la foce. Sicuramente tale ambito fluviale in passato costituiva una 'cassa di espansione' alle piene di ambedue i fiumi e la piana alluvionale si trova così a veder ridotta ulteriormente la propria capacità ricettiva di ingenti volumi di piena.
In carta sono state cartografate alcune aree come paludose depresse **(pd)** in quanto il ristagno dell'acqua é favorito da una morfologia a bacino con livelli topografici inferiori al p.c. e con suoli decisamente argillosi (foto 6.2).
Le due aree presenti nord di Pedemonte sono sicuramente riconducibili ha un'ansa relitta del fiume Toce (foto 6.1).
Le conoidi presenti sul territorio sono state distinte in attive e non attive. La suddivisione é stata fatta in base a criteri geomorfologici e storici.
La conoide del fiume Strona é sicuramente non attiva come alcune zone delle altre. Per ogni conoide é stata cartografata l'area non attiva in nero e le aree potenzialmente attive in rosso. Sulle principali conoidi del territorio sono attualmente in costruzione diverse opere di sistemazione fluviale. Queste opere potrebbero cambiare radicalmente la classificazione delle conoidi, pertanto in questa prima fase ci si limita a evidenziare all'interno di ogni conoide i settori potenzialmente più soggetti a un'evoluzione e quindi ad un'attività di trasporto e di deposito.

3.5 Idrogeologia

L'idrogeologia del territorio di Gravellona Toce é caratterizzata da una notevole quantità di acqua di ruscellamento.
Il territorio é solcato da numerosi torrenti naturali da cui l'uomo nel passato ne ha tratto beneficio e ha provveduto a compiere diverse canalizzazioni, soprattutto per la produzione di energia elettrica e anche per energia idraulica.
Nel quartiere di S.Maria ad esempio si diparte una canalizzazione, ormai in disuso, che prende vita da una presa sul torrente Strona e si articola per l'abitato di Gravellona fino a giungere, parallelamente al torrente stesso ad una centrale per poi gettarsi nel Toce.

La carta idrogeologica (elaborato n°6) é servita soprattutto per ricostruire l'andamento della falda freatica nella piana in destra idrografica al Toce. E' stata costruita invece un'altra carta per evidenziare i bacini idrografici del territorio in quanto sul topografico al 10.000 risultavano poco chiari. La carta dei bacini idrografici (carta N. 4) é descritta singolarmente all'interno della descrizione di ogni singolo bacino nel capitolo successivo.
La falda freatica nella piana é alimentata in prevalenza dal fiume Toce che agisce da alimentatore della falda. Il livello freatico é molto superficiale e prossimo al p.c. risentendo notevolmente l'influsso del livello del Lago Maggiore. I torrenti del Monte Mottarone che alimentano il torrente Stronetta agiscono, seppur in maniera decisamente minore, ad alimentare la falda da sud.
Purtroppo le misure piezometriche disponibili si riferiscono a epoche diverse o sono mancanti. La ricostruzione dell'andamento delle isofreatiche é indicativo e ricostruito in base ai pochi dati raccolti e a sondaggi geognostici effettuati per cantieri di opere civili.
La carta riporta inoltre i pozzi di captazione dell'acquedotto comunale, le due captazioni di sorgenti e la rete distributiva a partire dalle sorgenti stesse.

3.6 Sismica

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno. La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle regioni (cosa che in Regione Piemonte è avvenuto con la D.g.r. 19 gennaio 2010 - n. 11-13058), le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone.

Nello specifico il territorio comunale di GRAVELLONA ricade in ZONA 4, per quanto indicato nella **D.g.r. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010** *"Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (OPCM n. 3274/2003 e OPCM n. 3519/2006".*

Categorie sismiche di sottosuolo
Le categorie di suolo di fondazione, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 14.01.2008 risultano così identificate:

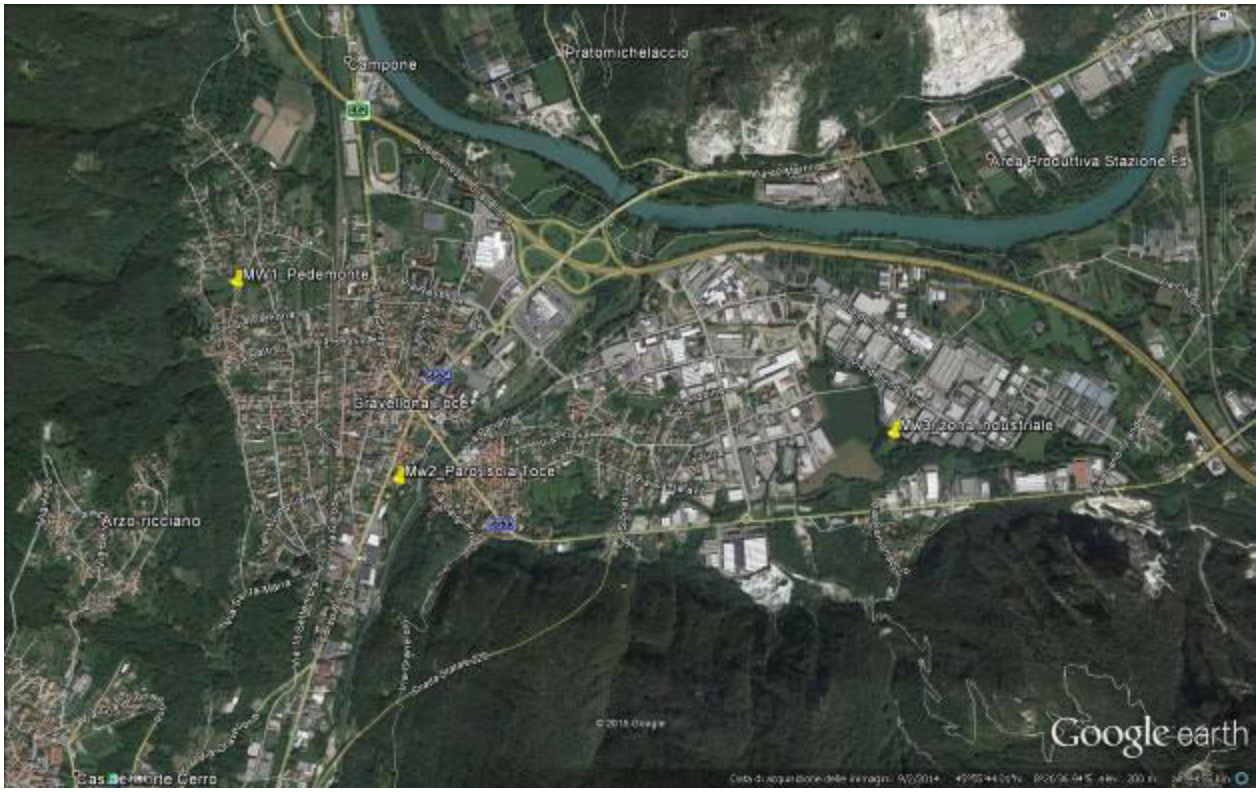
TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		VS30 m/s	NSPT	cu kPa
A	*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi*	**> 800**		
B	*Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità*	**< 800** **> 360**	> 50	> 250
C	*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*	**< 360** **> 180**	< 50 > 15	< 250 > 70
D	*Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*	**< 180**	< 15	< 70
E	*Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V**S30***			

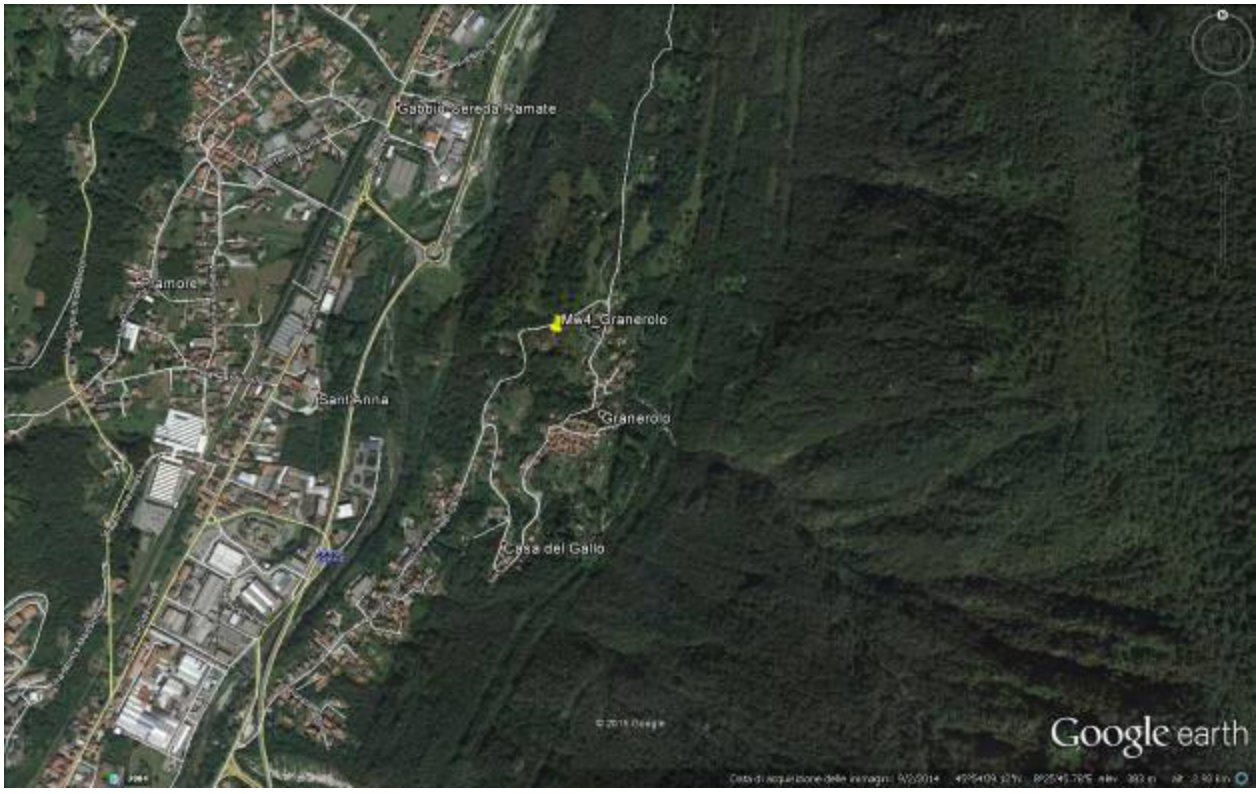
	simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800m/s			

Categorie sismiche di suolo di fondazione

Per la valutazione del rischio sismico locale e per la determinazione del tipo di suolo ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, sono state eseguite **n. 4 prove sismiche con la metodologia MASW**, con le quali si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) fino alla profondità di 30 m dal piano di campagna.
Le indagini eseguite sono le seguenti:
- prova sismica MW1: località Pedemonte
- prova sismica MW2: località Parco Isola Toce
- prova sismica MW3: zona industriale
- prova sismica MW4: località Granerolo

L'ubicazione delle indagini è riportata nelle figure seguenti.


Campone
Pratomichelaccio
Area Produttiva Stazione Est
MW1_Pedemonte
Gravellona_pce
Mw2_Parrocchia_Toce
Mw3_zona_industriale
Arzo ricciano
Google earth


Gabbio_cereda Ramate
Mw4_Granerolo
Granerolo
Casa del Gallo
Google earth

Meteodologia di indagine

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nelladefinizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; Eurocodice 8; D.M. 14.01.2008).

Il metodo MASW è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

L'apparecchiatura utilizzata per le prospezioni è costituita da una serie di 24 geofoni che vengono spaziati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'energizzazione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

La sorgente di energia nel nostro caso è rappresentata da una mazza battente avente un peso di 5 Kg.

Caratteristiche tecniche strumentazione:

Canali	24
Canale aggiuntivo	segnale di starter non filtrato
Risoluzione	16 bit
Dinamica	equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento equiv. 24 bit su 12 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
Pretrigger	automatico
Rumore	paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
Trasmissione dati	GPRS
Trigger	segnale, apertura e chiusura
Filtri analogici	antialias 4° ordine
Alimentazione	12 V - 3A

Nello specifico sono stati eseguiti n.4 stendimenti sismici tipo MASW secondo le modalità riportate in precedenza. La lunghezza dello stendimento è pari a circa 48 metri.

I profili delle Vs con la profondità vengono riportati nelle schede tecniche in allegato.

La Vs30, velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n} H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

A partire dai profili Vs-profondità propri dell'area in esame, ottenuti mediante le indagini MASW appositamente realizzate, è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore di Vs30 per ogni sito investigato.

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, che definisce le "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", sulla base delle indagini eseguite è possibile far rientrare n. 2 aree indagate (MW1 e MW3) nella categoria di suolo di fondazione tipo C e n.2 aree (MW2 e MW4) nella categoria di suolo di fondazione tipo B.

In particolare i risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

Prova Masw	*Vs_{30} (m/s)*	*Tipo suolo*
Mw1	*323*	*C*
Mw2	*391*	*B*
Mw3	*213*	*C*
Mw4	*567*	*B*

Indagine sismica masw 2 – loc. Parco Isola Toce

Indagine sismica masw 3 – zona industriale

Indagine sismica masw 4 – loc. Granerolo

4. Descrizione ed analisi dei principali bacini idrografici

Per ogni torrente viene descritta accuratamente la situazione odierna da un punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, morfometrico e inoltre viene allegata una scheda in cui vengono cartografate le principali opere idrauliche presenti e quelle in progetto di sistemazione fluviale o in corso di realizzazione. Infine si riportano alcune fotografie indicative.
Per la morfometria occorre rilevare che solo il rio Inferno presenta un tratto principale del 4° ordine mentre tutti gli altri torrenti sono del 3° ordine. Difatti solo il Rio Inferno presente un bacino idrografico di forma quasi circolare, mentre tutti gli altri sono molto allungati per cui gli affluenti sono brevi e molto ripidi e generalmente di 1° ordine.

4.1 Rio Frassino

4.1.1 Inquadramento

Il rio Frassino costituisce il bacino idrografico più esteso dell'intero territorio comunale di Gravellona Toce.
Il rio si diparte dal massiccio del Mottarone, precisamente oltre il Monte Zucchero a quota 1313 m.s.l.m. e si getta nel torrente Stronetta al termine della sua estesa conoide, in parte alimentata da un rio secondario che scorre parallelo al Frassino, si tratta del rio Cavallo o rio Cantonaccio che però ha una sua sede fluviale anche in conoide (foto 4.5).
L'asta principale e pressoché in direzione N-S con diversi affluenti su entrambe le sponde. In sponda destra, nella parte terminale, scorre parallelamente un bacino secondario che discende dal Monte Cavallo: il rio Cirla che ha la caratteristica di attraversare un esteso detrito di cava situato in sponda destra e che colma per circa 200 metri l'impluvio stesso (foto 4.1).

4.1.2 Morfometria

Il bacino ha una superficie di 3,79 Kmq, con soglia di chiusura alla congiunzione con il torrente Stronetta.
Torrente di 3° ordine.

4.1.3 Geologia e geomorfologia

Si può affermare che tutto il bacino del rio Frassino é costituito da un unico substrato roccioso appartenente al Granito di Baveno. Il granito assume colorazioni diverse, dove preponderante é il colore rosa e in secondo luogo il bianco. Si presenta in genere massiccio anche se attraversato da alcune discontinuità riconducibili all'assetto strutturale della regione.
Alle quote più alte il granito é in parte alterato perché più soggetto alle alterazioni degli agenti atmosferici in quanto non ricoperto in passato dai depositi glaciali.
I depositi morenici sono diffusi in tutto il bacino caratterizzati da clasti a spigoli vivi eterometrici con matrice sabbiosa e a volte limoso-argillosa, in genere ben consolidati. Per la loro distribuzione si rimanda alla cartografia allegata.
Diffusi lungo l'alveo sono i depositi di materiale alluvionale con la presenza anche di grossi blocchi. Sono abbastanza diffusi inoltre piccoli depositi di falde di detrito, accumulate per improvvisi crolli delle pareti subverticali del granito. Infine si rinviene una estesa copertura eluvio-coluviale, seppur limitata di spessore.

4.1.4 Situazione geoidrogeologica

Il rio Frassino é stato il torrente che ha maggiormente causato dissesti durante l'evento alluvionale dell'8 luglio 1996 in tutto il territorio di Gravellona. Durante tale evento si é verificata un'enorme discesa di detriti alluvionali con un meccanismo di trasporto in massa (debris flow), tanto che si potrebbe parlare di lava torrentizia, ovvero acque di corrente colme di materiale e con una forza tale da alterare qualsiasi conformazione originaria dell'alveo.
Il debris flow, arrivando in conoide a pendenza minore dell'alveo ha rallentato sensibilmente la velocità, aumentando così il volume per unità di sezione, causando una esondazione generalizzata a tutta la conoide. Gli effetti di tale esondazione sono ancora visibili oggi con i detriti sedimentati nell'area del Cantonaccio e della fabbrica posta in riva sx idrografica sulla conoide (foto 4.7).
Le acque di piena hanno invaso anche la strada statale giungendo da direzioni diverse lungo la conoide ma anche esondando la carreggiata in corrispondenza del ponte (foto 4.8) che conserva ancora i segni dell'evento.
Attualmente sono stati effettuati dei consistenti lavori di sistemazione di tutta la conoide. L'alveo in conoide é stato completamente ridisegnato con un allargamento della sede fluviale per consentire l'eventuale trasporto solido, sia ordinario che straordinario. Per consentire il deposito sono state realizzate due briglie selettive (foto 4.4 e 4.10.2) con diverse fenestrature suddivise in tre livelli.
Le sponde prima della briglia sono state completamente ridisegnate e realizzate con massi ciclopici a secco (foto 4.3).
La sistemazione mette a difesa tutta la conoide, in particolare modo la trattoria posta al centro della conoide e l'industria posta in sinistra idrografica. La nuova sede fluviale, inoltre, isola completamente tutta l'area appartenente ad un'ex cava situata sulla sinistra idrografica. La cava, attiva fino a qualche anno fa, aveva permesso

l'estrazione di ingenti quantitativi di materiale granulare creando un bacino abbastanza profondo che raccoglieva le acque del versante montuoso attraverso un impluvio chiamato Senzanome e le acque di infiltrazione del rio Frassino. La presenza del bacino però, innalzava sensibilmente il livello freatico naturale presente in conoide e le acque di falda emergevano per sifonamento all'interno del cortile e all'interno della struttura del fabbricato presente poco a valle. Per tale motivo le acque del rio Senzanome furono deviate completamente a ovest aggirando sulla sinistra il fabbricato stesso. Attualmente il rio Senza nome è stato riportato in sede fluviale del Frassino.
Sul bacino attuale gravano inoltre due profonde incisioni sul substrato roccioso del versante prospiciente, le incisioni sono invase da detrito roccioso(foto 4.6). Le due incisioni servivano come cave di prestito per blocchi rocciosi. Questa situazione ha creato due piccole conoidi, ma tutto l'insieme detrito e conoide appare in condizioni di precaria stabilità.
Il tratto terminale del rio Frassino é caratterizzato da una stretta gola incassata nel granito (foto 4.9), nella gola si rinvengono alcuni massi ciclopici misti a detriti più minuti. In genere l'alveo si presenta sovralluvionato con la presenza di ramaglie e tronchi (foto 4.10) disseminati soprattutto nella parte mediana del bacino.
Caratteristica é la confluenza con il rio della Cava, affluente di destra che é colonizzato da diverse piante di castagno e altre con la corteccia per il primo metro levigata o addirittura asportata. Tale situazione evidenzia traccia di un trasporto solido di materiale fine o medio fine, o almeno inadatto a sradicare o spezzare le piante presenti in alveo (diametro delle piante variabile da 5 a 12 cm). Appare evidente che il materiale trasportato provenga dal notevole materiale accumulato nel deposito dei detriti della cava Cirla situata a monte della confluenza. Il deposito dei detriti della cava é molto esteso, i detriti cadono per gravità all'interno dell'impluvio da quota 480 a quota 540 m.s.l.m. (foto 4.1 e 4.2). La proprietà ha sistemato a più riprese il detrito realizzando delle tombinature per lo smaltimento delle acque del rio stesso, con la presenza di una briglia alla base del detrito per la raccolta del materiale più fine. In ogni caso il trasporto del materiale più fine avviene lo stesso visto l'ingente quantitativo di materiale presente in alveo. La massa totale dei blocchi, di difficile valutazione, rimane stabile con un angolo di riposo dipendente dalla pezzatura e dal grado di spigolosità dei singoli blocchi che ovviamente non sono omogenei e causano fenomeni di assestamento del detrito che é continuamente alimentato dall'attività di cava.
La portata del rio Frassino é stata stimata in 37 mc/sec con T=10 e di 48,1 mc/sec con T=50 anni e arriva a 64,5 mc/sec con T=500 (Dott. Isoli I. - Interventi di sistemazione idraulica rio Frassino - Incarico professionale).

4.2 Rio Cirisolo

4.2.1 Inquadramento

Il Rio Cirisolo scende dal versante settentrionale del Monte Mottarone, correndo parallelamente al corso del Rio Frassino. Si getta nel Rio Stronetta dopo aver fatto un'ampia curvatura alla sua sinistra.

4.2.2 Morfometria

Il bacino del Rio Cirisolo é di 2,56 Kmq, la forma é molto allungata, in direzione nord-sud.
Torrente di 3° ordine.

4.2.3 Geologia e geomorfologia

Tutto l'alveo é incassato nel substrato roccioso costituito dal granito di Baveno-Mottarone, di colore prevalentemente bianco alle quote topografiche più basse e di colore rosa alle alte quote. Si rinvengono sovente, delle estese falde di detrito ai piedi dei due versanti, tali falde non sono sempre cartografabile perché di limitato spessore. Si tratta in genere di falde stabilizzate, che vengono riattivate in occasioni di erosioni al piede operate dalle pine del rio stesso. I depositi morenici sono abbastanza diffusi, specialmente sul versante in destra idrografica, noto come Costone dell'Agnella.

4.2.4 Situazione geoidrogeologica

Il Rio Cirisolo presenta una conoide molto limitata, sia nel volume che nell'estensione. Il suo sbocco in conoide avviene attraverso una stretta gola, dopo di che l'alveo é ben regimato dalle nuove sistemazioni idrauliche (foto 4.13 e 4.14). Nel tratto terminale l'alveo é stato ampiamente allargato con la realizzazione di due pennelli in sponda destra per permettere il deposito di materiale da asportare periodicamente. Il rio attraversa poi la statale (praticamente al termine della conoide) sotto il ponte e dopo circa 20 metri si getta nello Stronetta, dove sono presenti ancora strutture di regolazione idraulica.
La realizzazione della nuova arginatura di conoide si é innalzata di circa 1,50 metri rispetto alla soglia precedente, anche se la sezione é stata ristretta rispetto alla precedente di circa 80 cm.
Nei lavori di sistemazione é stato effettuato anche un notevole lavoro di manutenzione dell'alveo con il taglio e l'asporto di alberi e ramaglie presenti in sede fluviale. Le pareti del torrente si presentano in genere in roccia con tracce di approfondimenti successivi come le profonde erosioni di corrente della foto 4.12 situate a circa 1,50 metri sopra l'attuale livello di corrente. Da quota 400 m.s.l.m.

circa l'alveo occasionalmente si asciuga in parte perché il ruscellamento avviene sotto le alluvioni composte da blocchi eterometrici e spigolosi, in genere stabili e a volte colonizzati. A quota 450 m, alla prima grossa biforcazione del Cirisolo si riscontra ancora la manutenzione effettuata con la pulizia dell'alveo. In sede fluviale si rinvengono grossi blocchi di granito lavorati, testimoni di un'antica sede di estrazione e taglio della pietra.
Oltre questa quota l'alveo si fa più pendente con numerosi salti di quota che originano delle piccole cascate.
La quantità di materiale alluvionale non é eccessiva, anche perché la copertura dei versanti é limitata. Inoltre tutta l'asta del rio presenta una caratteristica morfologica a salti, particolarità che tende a frenare il trasporto solido. Infatti, durante l'evento dell'8 luglio 1996, lungo il rio non si sono avuti ingenti trasporti di materiale grossolano, ma limitati alla ghiaia e alla sabbia che hanno sovralluvionato la conoide.
La portata del Rio Cirisolo é stata stimata in 36.27 mc/sec per T=10 e 41.07 mc/sec per T=20 (Dott. D'Elia F. - Interventi di sistemazione idraulica delle conoidi Rio Cirisolo e Rio Lovich - Incarico professionale).

4.3 Rio Granerolo

4.3.1 Inquadramento

Il bacino idrografico del Rio Granerolo prende il nome dall'abitato omonimo, la sua conoide e gran parte del corso d'acqua sono situati nel territorio comunale di Gravellona Toce, mentre solo la parte iniziale, alle alte quote è situata nel territorio di Omegna.

4.3.2 Morfometria

Superficie di 0,76 Kmq, bacino molto acclive.
Torrente di 3° ordine.

4.3.3 Geologia e geomorfologia

Tutto il bacino del Rio Granerolo é composto da affioramenti rocciosi di granito appartenente al gruppo dei Graniti dei Laghi. Si tratta di un granito bianco che salendo dalla conoide passa a granito a due miche, diffuso in tutta l'area a nord del Mottarone, per passare ancora a granito con sfumature rosa, riconducibile al granito di Baveno, nella parte terminale alle quote intorno ai 1000-1100 metri.
In carta geologica i graniti non vengono differenziati.

Molto estesi sono i depositi superficiali caratterizzati dai depositi fluviali lungo il corso d'acqua e alla foce con l'estesa conoide e dai depositi morenici presenti soprattutto in una larga fascia parallela al versante in corrispondenza dell'abitato. In questa

fascia i due depositi superficiali si succedono irregolarmente con probabili sovrapposizioni.
La conoide del Rio Granerolo, termina ed é in parte troncata in corrispondenza del fiume Strona. Nella parte terminale può essere considerata come una conoide attiva, in quanto in corrispondenza di portate considerevoli, si registrano piccole divagazioni del corso d'acqua.

4.3.4 Situazione geoidrogeologica

L'alveo é sensibilmente ingombro di materiale detritico portato dalla
corrente, si rinvengono blocchi di tutte le pezzature fino a 70-80 cm di diametro (foto 4.15).
Attualmente sono stati realizzati dei lavori di sistemazione idraulica che coinvolgono tutto il tratto tra il ponte rifatto della strada vicinale "delle Coste" fino all'inizio della conoide a quota 420 m. s.l.m.
Il tratto dal nuovo ponte verso monte (foto 4.17) é stato decisamente allargato consentendo un deflusso efficace. In corrispondenza del ponte sulla strada comunale é stata effettuata un'arginatura in sponda sinistra (foto 4.18) in seguito all'evento dell'8 luglio '96, che aveva asportato parte della sponda sx e scalzato alla base la pila sx del ponte.
Oltre il ponte, la sezione é rimasta pressoché inalterata fino alla passerella pedonale (foto 4.15) per poi subire delle profonde risistemazioni con la realizzazione di 3 soglie di fondo, rialzate (foto 4.16 e 4.16.1). In questo punto il Rio Granerolo compie una profonda curvatura alla sua destra lasciando la direzione perpendicolare al pendio che porterebbe il torrente a scontrarsi con l'abitato di Granerolo. La difesa spondale in questo tratto assume pertanto un profondo valore di difesa dell'abitato da eventuali piene eccezionali.
All'apice della conoide il Rio é insinuato tra pareti rocciose granitiche. In questo punto vi é la presa dell'acquedotto comunale. Proseguendo verso monte il Rio Granerolo presenta un alveo caratterizzato da grossi blocchi, derivanti dalle pareti rocciose in gran parte fratturate.
La portata del Rio Granerolo é stata valutata (Epifani - Sistemazione idraulica del Rio Granerolo - Incarico professionale, 1996) in 10,95 mc/sec con tempo di ritorno 10 anni, 18,26 mc/sec con T 500 anni. Si tratta pertanto di portate modeste anche in rapporto alla non elevata estensione del bacino idrografico di 0,74 kmq. Non sono da escludere però fenomeni di sbarramenti temporanei delle ondate di piena dovuti a grossi blocchi, esistenti, e ramaglie e/o tronchi che dovessero accidentalmente venire risucchiati dalla corrente, questo fenomeno potrebbe raddoppiare o triplicare la portata descritta. Inoltre la portata andrebbe integrata dalla frazione solida trasportata.
Sempre ad opera di Epifani-1996 é stato valutato il trasporto solido, stimato in 3640,19 mc/anno con T=10.

Tale portata risulta essere smaltibile dalla sezioni idrauliche presenti attualmente. Lo stesso ponte della strada comunale presenta una sezione sufficiente e adesso anche una difesa congruente ad assorbire un'eventuale piena eccezionale.

4.4 Rio Lovich

4.4.1 Inquadramento

Il Rio Lovich scende dalle pendici del Monte Cerano, verso la frazione di Pedemonte. Si tratta di un piccolo bacino chiuso tra i bacini del rio Inferno e del rio Gaggiolo. Difatti lo spartiacque del Lovich non arriva alla cresta del M. Cerano ma si trova a quota 971 m.s.l.m., in località denominata Piana Ravazza.
Il rio Lovich si forma per la confluenza del rio Castelletto e del rio del Gaggio che si incrociano a quota 335 m.s.l.m.
In conoide poi, il rio Lovich riceve l'apporto del rio Val Faita in sponda sinistra.
L'alveo é infine tombinato per tutto il tratto di attraversamento dell'abitato per riemergere in corrispondenza della stazione ferroviaria prima di gettarsi nel rio Inferno.

4.4.2 Morfometria

La superficie del bacino é di circa 0,76 Kmq, comprendendo anche il bacino del rio Val Faita, utilizzando come sezione di chiusura l'inizio della tombinatura di Via Pedolazzi.
Torrente di 3° ordine.

4.4.3 Geologia e geomorfologia

La parte alta del bacino é impostata su un substrato costituito da gabbrodioriti e dioriti (appinniti), mentre la parte terminale é impostata su paragneiss, passanti a gneiss granitici (cenerigneiss). Il substrato é intensamente fratturato.
I depositi superficiali sono presenti in tutto il bacino idrografico, diffusa la coltre detritico-colluviale, con spessori esigui e preponderanti soprattutto in sponda destra i depositi morenici con spessori a volte di 2-3 metri.
In alveo vi sono significativi depositi alluvionali a partire dalla quota di circa 530 metri e verso valle, dove l'accumulo é favorito da una riduzione della pendenza.
Il rio Val Faita é impostato esclusivamente su depositi glaciali, con brevi tratti impostati sul substrato roccioso.

4.4.4 Situazione geoidrogeologica

La conoide é discretamente estesa, a significare un passato con trasporto solido significativo. Attualmente il rio Lovich é deviato tutto sulla destra della conoide a interdigitarsi con la conoide dei rio Val Faita.
La conoide é intensamente urbanizzata e tutto l'alveo é arginato da pareti in cls fino alla via Pedolazzi dove poi parte la tombinatura.
Dopo l'attraversamento di via dei Martiri, l'alveo diminuisce di molto la pendenza e questo provoca la sedimentazione di materiale (foto 4.20), poco dopo l'amministrazione comunale ha costruito una serie di vasche di sedimentazione (foto 4.21) per bloccare il materiale trasportato prima della tombinatura (foto 4.22). Le vasche consentono una manutenzione ordinaria con l'asportazione del materiale dalla sponda sx che é provvista di un accesso peri mezzi meccanici.
Il rio Lovich esce dalla tombinatura in prossimità della stazione ferroviaria in ambiente di conoide distale. Si tratta di un'area a morfologia molto blanda con fenomeni di ristagno delle acque piovane. L'alveo presenta una sezione molto limitata e poi prosegue fino a gettarsi nel rio Inferno prima dell'attraversamento della sede ferroviaria.
Il punto più critico della conoide é senz'altro l'attraversamento della via dei Martiri, in quanto il ponte presenta una sezione ristretta, inoltre sotto il ponte stesso sono presenti diverse servitù tecnologiche che riducono sensibilmente la sezione.
All'apice della conoide si riscontra un'altra situazione critica in sponda sx, in corrispondenza della proprietà Lagostina, dove l'arginatura presenta si rivela insufficiente per la difesa in occasione di piene particolari. Attualmente sono in fase di ultimazione i lavori di sistemazione.
Durante l'evento dell'8 luglio '96 nel rio Lovich non sono stati segnalati eventi di dissesto significativi, anche se l'ondata di piena aveva messo in profonda agitazione gli abitanti della frazione Pedemonte le cui case si affacciano sull'impluvio.
La Banca dati geologica regionale riporta allagamenti avvenuti lungo le sponde durante l'evento del 1968.
La portata del rio Lovich é stata stimata in 11,64 mc/sec per T=10 e di 13,24 mc/sec per T=20 (Dott. D'Elia F. - Analisi geologica ed idrologica del bacino del rio Lovich - Incarico professionale).
Nel novembre 2008 si è verificato un secondo evento alluvionale significativo.
La causa dell'evento è riconducibile ad una frana staccatasi nella parte alta del bacino del Lovich e proseguita lungo l'alveo fino ad esondare nella frazione Pedemonte, non senza causare danni agli edifici e ai beni mobili.
La frana ha avuto innesco a quota 710m s.l.m. circa, in corrispondenza della pista forestale che da *Arzo*, in comune di Casale Corte Cerro, sale fino alla località *Pratoprimo*, molto probabilmente a causa delle abbondanti precipitazioni registrate nei giorni immediatamente precedenti al verificarsi del dissesto.
La frana è classificabile come *scivolamento planare*, in quanto nella zona di distacco si evidenzia lo scorrimento del materiale di copertura (circa 2 ÷ 2,5m di suolo frammisto a trovanti di medie dimensioni, insieme alla copertura vegetale) su di un substrato

roccioso granitico. La roccia affiorante si presenta molto levigata e abbastanza compatta, con inclinazione spesso parallela a quella del pendio, fattori sicuramente sfavorevoli rispetto alla stabilità del pendio stesso. Successivamente allo scorrimento iniziale lungo il versante, innescato dalla forte presenza di acqua, il materiale si è incanalato nell'alveo del Lovich causando marcate erosioni di sponda e locali fenomeni di accumulo per tutto il tratto a monte della frazione Pedemonte, per poi esondare una volta raggiunta la conoide in corrispondenza dell'abitato. Qui, sono presenti opere di attraversamento che riducono notevolmente la sezione idrica, costituendo ostacolo al libero deflusso delle acque e del materiale solido.
Grazie alla raccolta di informazioni fotografiche e ad un rilievo visivo svolto all'interno dell'abitato di Pedemonte è stato possibile individuare e mappare con buona precisione le aree interessate dall'evento alluvionale. In particolare sono state evidenziate le zone dell'abitato raggiunte da materiale solido e liquido (fango, acqua, tronchi, massi, ecc.), distintamente dalle zone interessate solamente da flusso idrico. La frazione Pedemonte si colloca pressocché completamente sulla conoide del Rio Lovich, formata da materiali di origine fluviale e da detrito di versante, insinuandosi parzialmente anche all'interno del solco vallivo. La conoide è sostanzialmente la zona di sbocco della valle del Lovich nella valle fluviale del Toce, e rappresenta la naturale zona di deposito del materiale solido proveniente dal bacino del Lovich. L'effettiva vulnerabilità di suddetta area rispetto ad esondazioni del Lovich è stata dimostrata proprio dall'evento del Novembre 2008, durante il quale buona parte della frazione Pedemonte è stata alluvionata.

Foto aerea dell'evento alluvionale in frazione Pedemonte.

4.5 Rio Inferno

4.5.1 Inquadramento

Il Rio Inferno é un affluente di destra del fiume Toce, nasce in prossimità della vetta del Monte Cerano a quota 1700 m.s.l.m. La parte iniziale e centrale del bacino é situata in territorio comunale di Casale Corte Cerro, mentre una piccola parte del rio e tutta la conoide sono nel territorio di Gravellona.
Il percorso del rio é sinuoso, soprattutto nella parte terminale con un'estesa curvatura sulla sua sinistra in prossimità della conoide.
la conoide é molto sviluppata, testimone di abbondante trasporto solido. La conoide é inoltre intensamente urbanizzata, soprattutto in destra idrografica (nucleo storico), mentre i nuovi insediamenti si sono sviluppati in ambito di conoide terminale e di pianura di fondovalle. In questa area i sedimenti alluvionali della conoide si interdigitano ai sedimenti alluvionali del fiume Toce.
Alquanto anomalo é il tratto terminale del rio Inferno, in quanto l'alveo del rio si restringe notevolmente fino a quasi sparire in prossimità della duplice confluenza con il rio Lovich e il torrente Lancone. Dopo di che prosegue attraversando la ferrovia e la statale per gettarsi nel Toce.
Questo tratto terminale dopo la confluenza é stato sistemato nel corso di questi anni. Nel 1990 il torrente Lancone, che agisce come scolmatore naturale delle acque di piena e meteoriche di tutto il versante del Monte Cerano, é stato canalizzato con una sistemazione in cls per permettere una rapida evacuazione delle acque. Il suo percorso é stato leggermente modificato come quello del rio Inferno per far posto al nuovo centro sportivo

4.5.2 Morfometria

Superficie del bacino di 2,23 Kmq.
Torrente di 4° ordine.

4.5.3 Geologia e geomorfologia

Il bacino del Rio Inferno é caratterizzato dalla presenza di diverse litologie e da un'abbondante copertura morenica soprattutto nella sua parte terminale. Molto estesa risulta essere la copertura detritica, rimaneggiata più volte dal corso d'acqua e risedimentata come alluvioni lungo l'impluvio. Tutto il versante é tettonicamente molto disturbato e caratterizzato da una serie di faglie e pieghe che hanno posto la roccia in condizioni di fratturarsi, data anche la notevole pendenza del versante originata dall'escavazione glaciale.
Il substrato é composto da notevoli affioramenti del Granito a due miche o Granito di Pedemonte, presente nella parte nord-orientale del territorio (per i rapporti tra le unità si rimanda alla cartografia allegata).

Affiorano inoltre i Cenerigneiss, in corrispondenza dell'inizio della conoide e un Ortogneiss Occhiadino, lungo l'alveo. I rapporti geometrici tra queste unità sono complessi in quanto si tratta di intrusioni non sempre regolari.
Solo i Cenerigneiss presentano per la quasi totalità degli affioramenti una tessitura scistosa, mentre gli altri litotipi appaiono generalmente massicci anche se alquanto fratturati.
I depositi morenici sono presenti soprattutto sulla sponda sx del Rio Inferno e in gran parte del versante alle quota più basse.

4.5.4 Situazione geoidrogeologica

La conoide molto estesa del Rio Inferno indica un trasporto solido avvenuto considerevole, attualmente in conoide il rio é confinato da una serie di opere realizzate a più riprese e con diverse modalità, quasi a testimoniare opere di tamponamento provvisorie ed occasionali in seguito ad eventi specifici e non tanto inserite in un disegno di ripristino globale. Si ha la presenza sia di muri in cls (foto 4.26), di muri in massi ciclopici cementati o liberi, sia di gabbionate. Parti dell'alveo in conoide sono cementate sul fondo per impedire lo scalzamento alla base dei muri di arginatura (foto 4.25), ma spesso si tratta di "gettate" prive di fondazione e/o armatura e spesso deteriorate (foto 4.25). Altre strutture presenti, risultano in parte distrutte come le soglie di foto 4.26.
Per tale motivo sono state realizzare delle nuove opere di difesa idrogeologica agli inizi del 1999 con il progetto del 1988 dei dott. Isoli e ing. Chiesa. Il nuovo lotto ha permesso di realizzare una grossa briglia di contenimento all'apice della conoide e dei nuovi argini con massi ciclopici a secco lungo tutta la parte alta della conoide. E' da segnalare che la briglia dopo due mesi dalla sua realizzazione ha dovuto subire un profondo "svuotamento a causa di un evento metaorico di notevole intensità che ha trasportato notevole materiale detritico. Le stesse nuove sponde con massi ciclopici sono state messe a dura prova durante l'evento ed è stato necessario un nuovo intervento per la loro risistemazione.
La sezione idraulica in conoide é a volte ristretta dalla vegetazione spontanea (foto 4.25), in corrispondenza del ponte della viabilità interna la sezione é di circa 11 mq (foto 4.27).
La conoide del Rio Inferno degrada fino alla piana alluvionale dove l'alveo, come si diceva prima, in prossimità delle recenti costruzioni di unità abitative, alle spalle della Cascina Lucchini, diventa poco identificabile, la sezione si riduce notevolmente, così come la pendenza e l'alveo risulta essere completamente riempito di materiale alluvionale di piccola pezzatura (foto 4.28). Attualmente é asciutto, le portate ordinarie, si perdono per filtrazione lungo la conoide e i depositi alluvionali. Ma in caso di eventi meteorici si ha esondazione che provoca allagamenti in primo luogo di un'area già umida a ridosso della ferrovia e in un secondo momento delle campagne a coltivo presenti in sponda sx.
Nella parte alta della conoide sono stati realizzati dei consistenti lavori di sistemazione (foto 4.24 del 21/08/97) con una riprofilatura dell'alveo e la

realizzazione di una serie di opere trasversali per contenere il Rio Inferno da eventuali esondazioni in sponda dx che potrebbero minacciare l'abitato di Pedemonte. I lavori in corso stanno provvedendo anche all'asportazione di un'ingente quantitativo di materiale alluvionale, depositatosi all'apice della conoide. La presenza di questo materiale ha permesso a più riprese delle esondazioni consentendo al rio di prendere delle altre vie di scorrimento all'interno della conoide, sia in sponda dx (maggiormente), che in sponda sx.
Salendo lungo l'impluvio, dopo l'attuale sede dei lavori di ripristino, l'alveo diventa meno pendente, ma decisamente sovralluvionato (foto 4.23) con grossi blocchi presenti in alveo anche se il tutto appare in parte stabilizzato.
Le foto 4.28.1 e 4.28.2 illustrano lo stato dei lavori al 30 maggio '98.
Di recente sono stati realizzati dei lavori (terminati nel 2006) di sistemazione idraulica nella parte mediana della conoide con il rifacimento degli argini e la ricalibratura dei ponti stradali di via Pedolazzi e Via dei Martiri. In Particolare il tratto a monte di Via Pedolazzi è stato riprofilato mediante la realizzazione di una serie di briglie di soglia e di sponde in massi ciclopici cementati o liberi; massi ciclopici sono stati posizionati anche sull'alveo e cementati sul fondo.

4.6 Rio Valguerra

4.6.1 Inquadramento

Il Rio Valguerra, è un rio che scorre in destra orografica del Torrente Strona, e raccoglie un bacino imbrifero pari a circa 0,35 Kmq. Nasce sulle pendici del Mottarone a quota 400 metri s.l.m. in località Cascine Pironi. Si sviluppa all'interno del centro abitato (parzialmente abitato), ha subito, nel recente passato, alcuni interventi finalizzati alla pulizia del rio e alla eliminazione di qualche tratto di tombinatura, mediante la posa di griglie asportabili che consentono l'ispezione del rio stesso.
Il tratto terminale, cioè quello a valle, non è regimato, infatti le acque divagano nella piana e, solo una parte di esse, confluiscono nel Torrente Stronetta. E' in programma la sistemazione del tratto terminale.

4.6.2 Morfometria

Superficie del bacino di 0,35 Kmq.
Torrente di 2° ordine.

4.6.3 Geologia e geomorfologia

La geologia del bacino é caratterizzato dal substrato roccioso costituito dal granito di Baveno-Mottarone, di colore prevalentemente bianco alle quote topografiche più basse e di colore rosa alle alte quote. Si rinvengono alcune falde di detrito ai piedi del versante, tali falde non sono sempre cartografabili perché di limitato spessore. Si

tratta in genere di falde stabilizzate. I depositi morenici sono abbastanza diffusi, anche se di spessore modesto.

4.6.4 Situazione geoidrogeologica

Tutto l'alveo é incassato nel substrato roccioso costituito dal granito di Baveno-Mottarone, l'alveo dopo un tratto a forte pendena, attravrsa l'abitato all'interno di una valle a bassa pendenza e ristretta per poi aprirsi dopo la statale del Sempione. Nel tratto abitato e' il torrente Valguerra è combinato per un lungo tratto e in alcuni casi l'alveo transita sotto a degli edifici adibiti ad abitazione.

4.6.5 Interventi

Gli interventi realizzati nel 2005, si riassumono come di seguito:

1) Rio Val Guerra a monte:

a) Realizzazione di una canalizzazione in massi, intasati con inerte ghiaioso-terroso, al fine di regimare il tratto a monte del Rio val Guerra, e tutti i suoi affluenti, nel tratto di immissione, dimettendo, anche un tratto di tombinatura esistente, in quanto non sufficientemente funzionante.

b) Realizzazione di n. 11 briglie in massi, intasati con inerte ghiaioso-terroso, al fine di diminuire la pendenza del rio e stabilizzarne il fondo.

c) Rifacimento di n. 2 tombini stradali, in quanto quelli esistenti non risultano adeguatamente dimensionati e sono ormai degradati, attraverso l'inserimento di due tombini in c.a. prefabbricati, con la conseguente pavimentazione del fondo ed il successivo ripristino stradale in conglomerato bituminoso.

d) Realizzazione di n. 2 vasche di sedimentazione, facilmente accessibili da un mezzo meccanico in modo da rendere semplice la loro periodica pulizia.

2) Rio val Guerra a valle:

a) Realizzazione di una canalizzazione in massi, intasati con inerte ghiaioso-terroso(Tratto A-B).

b) Realizzazione di una canalizzazione in massi, intasati con inerte ghiaioso-terroso, previo la demolizione della tombinatura esistente (Tratto B-C).

c) Inserimento di n. 2 grigliati in ferro (200 x 200 cm), previo demolizione della soletta in c.l.s. della tombinatura esistente (Tratto C-D).

d) Demolizione soletta in c.l.s. della tombinatura esistente (Tratto D-E).

e) Realizzazione di una scogliera in massi a secco (Tratto X-F), con il successivo riporto di materiale, in modo da ottenere una sezione adeguata , al fine di regimare il tratto terminale che si immette nel torrente stronetta.

f)

4.7 Torrente Stronetta

Il torrente Stronetta attraversa tutta la piana alluvionale in destra idrografica del fiume Toce giungendo fino al lago Maggiore. Agisce da scolmatore di tutto il versante nord del Monte Mottarone, raccogliendo le acque del rio Frassino, rio Cirisolo, rio Val Guerra e dei piccoli rii presenti sul versante nel territorio comunale di Baveno.
E' sostanzialmente formato da due rami, di cui uno scorre in prossimità della statale del Sempione, il secondo nasce nella frazione di Paesello con gli apporti di acque di falda, del rio Val Guerra per ricevere subito dopo gli apporti del rio Cirisolo.
E' un torrente a pendenza molto blanda, sinuoso, con delle rive franose formate da sedimenti sabbioso-limosi. Probabilmente, a mio avviso, anticamente il torrente Stronetta si dirigeva verso nord gettandosi nell'antico delta del fiume Strona, in seguito, a causa del progressivo apporto sia di sedimenti lacustri sedimentati dalle propaggini del lago Maggiore e poi dai sedimenti fluviali portati dal Toce e dallo Strona, si é chiuso il collegamento dello Stronetta con lo Strona e/o con il Toce ed é diventato un ramo solitario con alle spalle un esteso bacino di alimentazione.
Lo Stronetta, agisce purtroppo anche da ricettacolo di scarichi abusivi di ogni genere, alcuni tratti sono decisamente inquinati, come il ramo nord (foto 4.29) dove le acque stagnanti, in assenza di precipitazioni, sono fetide e maleodoranti. In alcuni tratti il torrente non esiste più e l'alveo é stato cancellato da interventi antropici.
In genere l'alveo é abbondantemente interrato. Alla confluenza con il rio Frassino sono state realizzate delle vasche di sedimentazione (foto 4.31) che attualmente si prestano bene a interventi di manutenzione (in precedenza questo tratto era tombinato con evidenti problemi di svaso del materiale). Alcuni tratti del torrente sono completamente sovralluvionati (foto 4.32), mentre altri presentano ancora una buona sezione idraulica (foto 4.30) anche se di sezione insufficiente a sopportare piene decennali del rio Frassino o Cirisolo.
Tutta la piana in questa porzione di territorio é sempre stata utilizzata dal rio Stronetta come cassa naturale di espansione. Le acque di piena hanno sempre esondato la piena depositando in genere sedimenti sabbioso-limosi, testimoni di una sedimentazione di conoide distale. Il progredire dell'urbanizzazione ha via via diminuito la superficie delle aree esondabili, tanto da aumentare sensibilmente i livelli di esondazione.
Gli ultimi interventi urbanistici, consci della situazione, hanno rimediato al rischio idraulico, effettuando un rialzo artificiale della topografia, innalzando di 100-120 cm il piano di pavimentazione rispetto al p.c. (foto 6.4), questo ha permesso ad alcuni settori della piana di non subire danni durante l'evento dell'8 luglio 1996.
Attualmente è stata realizzata un'arginatura in terra rivestita di massi ciclopici (foto 4.32.1 e 4.32.2), con la realizzazione di estese aree utilizzabili come casse di espansione. I due ponti presenti sullo Stronetta sono stati rialzati per aumentare la sezione idraulica.

4.8 Bacino dello Strona

Il territorio di Gravellona é attraversato dal tratto terminale del fiume Strona, fiume che discende dalla valle omonima, lambisce il lago D'Orta e discende verso il Toce, formando un'estesa e poco pendente conoide su cui si é impostato l'abitato di Gravellona Toce.
La conoide é ormai del tutto stabile, la sua geometria é alquanto alterata dagli apporti fluviali del fiume Toce che l'hanno resa geomorfologicamente quasi inosservabile, in pratica tutta la conoide si troverebbe sotto di qualche metro l'attuale piano campagna o perlomeno nascosta e alterata dall'intensa urbanizzazione.
Lo Strona presenta delle massicce difese di sponda che sono state ulteriormente potenziate da un nuovo intervento in progetto in sponda sx a monte del ponte della Statale.
La conoide del torrente Strona presenta ancora tracce di un'evoluzione del proprio delta che si trovava in una condizione molto più aperta ed estesa rispetto all'attuale. E' stato possibile osservare una foto aerea del 1944 e interpretare le strutture fluviali e geomorfologiche. La carta allegata evidenzia la complessità della conoide dello Strona. Nella parte dell'analisi storica vengono inoltre affrontate le testimonianze storiche degli effetti delle divagazioni e alluvioni del torrente stesso.
L'interpretazione che si può dare a questa situazione è che lo Strona, in origine si trovava molto più a nord dell'attuale sede, e la confluenza con il Toce avveniva all'incirca dove si trova attualmente il depuratore comunale. Questa situazione era possibile perché, gli apporti detritici del fiume Toce erano ancora ridotti e il lago Maggiore arrivava a lambire i rilievi del monte Cerano. Poi manmano che il Toce trasportava sedimenti alluvionali ed andava a riempire la valle glaciale colmando il lago, la conoide dello Strona si spostava verso sud allargandosi verso l'attuale zona industriale di Gravellona Toce. Nel corso di inizio secolo infine, la necessità di ricercare spazi da adibire a realizzazioni urbanistiche, connessa ad un periodo di relativa "calma fluviale" ha delimitato l'attuale sede fluviale dello Strona.
Le opere di pulizia dell'alveo inoltre hanno permesso di approfondire sensibilmente il livello base dello Strona, soprattutto nel tratto tra il ponte della statale e la sua foce.

4.8.1 Studio idraulico

A seguito di incarico delle Amministrazioni Comunali di Omegna, Casale C.C. e Gravellona Toce di eseguire le verifiche di compatibilità idraulica ed idrologica delle fasce fluviali del Torrente Strona previste dal Piano Riassetto Territoriale in data 11/02 sono state redatte, per quanto di competenza, indagini ed elaborazione dalla Geoter per la parte topografica, dalla Dott.essa Gay per la parte idrologica e dal Dott. Ing. Chiesa per la parte idraulica.
Le indagini condotte sono state effettuate tenendo conto dei criteri contenuti nella Circ. P.G.R. 08/05/96 n.7/LAP, nella relativa nota tecnica esplicativa, nella Circ. P.G.R. 08/10/98 n.14/LAP/PET e nella D.G.R. 15/07/2002, n.45-6656.

Si allegano le seguenti ulteriori specifiche, limitate all'ambito di fascia PAI in sponda SX, che mirano a meglio illustrare quanto già indicato nel citato studio.

4.8.1.1 Opere presenti nel tratto

Nel tratto in oggetto il torrente risulta regimato entro sezioni di deflusso confinate sia in sponda SX che in sponda DX da argini in pietrame con giunti intasati di cls.
Le strutture si presentano complessivamente in buono stato di conservazione, con blocchi di tessitura regolare secondo sagome adeguate.
Sono presenti due soglie di fondo anch'esse in pietrame e calcestruzzo di buona fattura ed in discreto stato di conservazione in grado di garantire adeguato controllo del profilo di fondo.
Occasionalmente si osserva nelle strutture la presenza smagliature localizzate ripristinabili con limitati interventi di manutenzione ordinaria. Tali piccoli inconvenienti non inficiano comunque la funzionalità idraulica che tali opere sono tenute ad assolvere.
Si rimanda comunque anche a quanto già specificato al capo 9 del citato studio (sezioni 47-48 e sezioni 49-53) per quanto concerne la proposta di interventi migliorativi dei deflussi e per la riduzione dei livelli di rischio.
In particolare nel tratto delle sezioni 40-43 si rivela come sia sufficiente eleiminare la soglia di derivazione presente in alveo che devia l'acqua nel canale, per poter migliorare decisamente le condizioni di deflusso e abbassare i tiranti in alveo. La funzionalità del canale, se necessaria, potrebbe essere mantenuta con una presa operata da un tubo posto poco più a monte. E' da sottolineare, inoltre, che proprio la presenza del canale alimenta una possibile esondazione per laminazione in sponda sx. Il posizionamento di un tubo del 600 o 800 porrebbe un rimedio a questa situazione. Altra soluzione percorribile è la pulizia dell'alveo soprattutto in sponda dx a valle della sezione.

- *Portate Torrente Strona*

Portate [mc/sec.] *Sezioni*	Tr = 200 anni
1	977,14
8	1032,14
24	1083.84
39	1173,86

- Condizione di monte (un tratto sufficientemente esteso di moto uniforme).
Si sono imposte le altezze di moto uniforme corrispondenti alle pendenze presenti nel tratto a monte della sez.1.

- Condizioni all'estremo di valle (livelli idrici dell'immissione nel fiume Toce).

Si è scelta la seguente altezza del pelo libero di valle:
La zona dello sbocco del Torrente Strona nel Fiume Toce, risulta compresa fra la sez. 005 e la sez. 006 di cui alle tabelle 32_79 allegate al PAI .
In corrispondenza di dette sezioni sono individuate, per Tr = 200, le seguenti quote idrometriche:

Sezione [-]	Progressiva [Km]	Quota Idrometrica [m.s.l.m.]
005	180.750	201.54
006	180.000	204.16

Procedendo ad interpolazione lineare in corrispondenza della foce del Torrente Strona risulta un battente pari a:

Sezione [-]	Progressiva [Km]	Quota Idrometrica [m.s.l.m.]
Foce Strona	~ 180.200	202.73 interpolato

Come è possibile notare dai risultati della modellazione gli effetti del rigurgito sono praticamente esauriti alla sez. 50 le quote del profilo libero e risultano:

Sezione [-]	Quota Idrometrica T. Strona per Tr=200 (*) [m.s.l.m.]	Quota Idrometrica T.Strona per Tr=500 (*) [m.s.l.m.]	Quota Idrometrica riferita alle quote Toce PAI per Tr=200 (**) [m.s.l.m.]
52	201.66	202.51	202.82
51	202.21	202.92	202.86
50	203.26	203.67	203.56

Ciò comporterebbe, prescindendo dai sopra citati errori di rilievo delle quote di fondo del fiume Toce di cui agli allegati PAI, che la fasciatura relativa agli invasi del Torrente Strona nel tratto terminale per eventi con Tr=200 anni risulterebbe prossima a quella indicata per Tr=500 anni.

Lo studio idraulico (si precisa che lo studio è stato adottato il 12 marzo 2003), sul T.Strona, a cura del Dr. Ing. Alberto Chiesa e della Dr. Geol. Silvia Gay ha messo in evidenza i profili di corrente del T.Strona a vari tempi di ritorno.

Tali profili, all'immissione del F.Toce, mettono in evidenza che le portate di piena, a tempo di ritorno 200 anni, con contemporanee quote del F.Toce a tempo di ritorno di 200 anni secondo il PAI (202.73 m s.l.m.) sono contenute negli argini sino a poco a valle dell'ultima traversa e che anche le portate del T.Strona a tempo di ritorno di 500 anni modificano di poco l'immissione e vengono sempre contenute negli argini sino alle zone indicate

L'analisi delle opere di difesa longitudinali e trasversali ha consentito agli estensori dello studio una valutazione positiva dell'efficienza delle stesse nel tratto indicato a conferma della loro efficacia strutturale oltre che geometrica.

Va ricordato, tra l'altro, che, recentemente, la SNAM ha attraversato il T.Strona alla foce con un'opera di protezione trasversale considerabile come soglia a raso e con ulteriore efficacia nei riguardi dell'erosione in condizioni di piena del T.Strona con F.Toce in magra.

Le analisi compiute sull'idraulica, sulla dinamica e sulle opere di difesa presenti sul T.Strona e quelle sulle piene del F.Toce hanno dimostrato che anche nelle condizioni più gravose e cautelative a tempo di ritorno 200 anni non si producono allagamenti e tracimazioni in sponda sinistra se non a valle dell'ultima traversa.

E' possibile, pertanto, ritenere che dal tratto a monte di detta traversa la pericolosità sia da ritenersi praticamente nulla allo stato attuale delle opere di difesa, ma sia presente, invece, a valle della citata traversa, dove le difese spondali appaiono tracimabili.

4.9 Bacino fiume Toce e Lago Maggiore

Secondo il “Rapporto sull’evento alluvionale del 13-16 Ottobre 2000” della Regione Piemonte, la piena del F.Toce, con livello idrometrico di 9.16 m all’idrometrografo di Candoglia, sarebbe stata superiore a 2500 m^3/s, ossia superiore all’evento del 1993, stimato in 2400 m^3/s e considerato dal Rapporto come evento storico di riferimento; il tempo di ritorno dell’evento dell’Ottobre 2000 viene stimato dal Rapporto in circa 100 anni. Occorre tuttavia precisare quanto segue:

- il Consorzio del Ticino gestisce un secondo idrometrografo alla stazione di Candoglia; secondo una recente pubblicazione sulla rivista L’acqua “L’evento di piena dell’Ottobre 2000 nel bacino del Ticino”, a cura di M.Cattaneo, U.Maione, P.Mignosa e M.Tomirotti, che hanno utilizzato i dati del Consorzio, il colmo di piena

del F.Toce sarebbe stato raggiunto alle ore 16.00 del 15 Ottobre 2000 e avrebbe raggiunto un'altezza idrometrica di 8.52 m, ossia 20 cm al di sotto del massimo raggiunto nell'evento del Settembre-Ottobre 1993; la portata viene stimata in 2460 m^3/s e il tempo di ritorno in 37 anni (Gumbel).

- le due misure sopra riportate appaiono fortemente discordanti fra loro (differenza di 64 cm), ma anche diverse dalla marca di piena osservabile sull'edificio stesso dell'idrometrografo, che indica invece un livello di circa 8.78 m se confrontato con la scala idrometrica esterna;

- per la definizione delle quote assolute bisogna ricordare che lo zero dell'idrometrografo è stato riposizionato nel 1974 a quota 194.99 m s.l.m., a seguito dell'alluvione del 1968 (che lo aveva distrutto), per cui la piena del 2000 dovrebbe aver raggiunto una quota assoluta di 204.15 m s.l.m. secondo la Regione Piemonte, di 203.51 m s.l.m. secondo il Consorzio del Ticino e di 203.77 secondo le marche di piena esterne;

- secondo i dati del Servizio Idrografico il livello idrometrico di 9.00 m (quota assoluta di 203.99 m s.l.m.) è stato superato 3 volte (negli anni 1948, 1954 e 1968) con il vecchio strumento (in funzione dal 1933 al 1968) e mai con il nuovo strumento (in funzione dal 1974 ad oggi), ma occorre ricordare che la situazione della zona di misura non è più la stessa (nel 1978 vi è stata una sovraescavazione e nel 1981 sono state eseguite delle arginature); occorre anche precisare che la testa dell'idrometro, posta a quota 204 m s.l.m., si sopraeleva di 50 cm al di sopra del piano campagna circostante e che quindi le piene con livelli idrometrici superiori a 203.50 m s.l.m. dispongono di una ulteriore sezione di deflusso completamente diversa da quella relativa all'alveo arginato; per restare sulle piene con livelli idrometrici simili o superiori al livello verificatosi nell'Ottobre va messo in evidenza che nel 1993 è stata raggiunta una quota di 203.75 m s.l.m. e nel 1977 di 203.86 m s.l.m. e che il livello di 8.75 m sopra lo zero idrometrico è stato superato 9 volte in circa 70 anni, ma con la sezione arginata 2 volte in 20 anni, per cui in apparenza si tratterebbe di un fenomeno ad elevata ricorrenza, con frequenza decennale; questa ipotesi non regge se analizzata sulla base delle portate storiche, come illustrato nei paragrafi che seguono;

- per ulteriore precisazione si può osservare che tutte le quote assolute citate sono appoggiate a quella dello zero idrometrico, ma potrebbero essere affette da un errore geodetico, dell'ordine di qualche decimetro, in quanto nono appoggiate ad una livellazione verificata;

- secondo le marche di piena segnate sulle porte delle case a Migiandone la piena più gravosa del secondo dopoguerra è stata quella del 1977, superiore di quasi 1 m rispetto a quella dell'Ottobre 2000; anche in questo caso, tuttavia, occorre precisare che nel 1977 non esisteva il rilevato della superstrada, che attualmente difende in parte la zona di Migiandone;

- di segno contrario è invece il dato relativo alla Casa Cantoniera ANAS posta a fianco del ponte della s.s. n.34 Verbania - Gravellona, dove la piena dell'Ottobre 2000 risulta quella con livello idrometrico più elevato fra le piene del dopoguerra; occorre però precisare che il livello lacustre concomitante alla piena è stato il più elevato fra quelli registrati negli ultimi 70 anni;

- rispetto alle altre piene storiche, che sono poco conosciute nel loro sviluppo areale e di battente d'acqua, per l'evento del 2000 sono disponibili numerose marche di piena, rilevate sia dai sottoscritti che dal Servizio Prevenzione del Rischio Geologico della Regione Piemonte.

Concludendo si può ritenere senz'altro che la piena dell'Ottobre 2000 sia stata quella con battente d'acqua più elevato nel territorio di Verbania a partire dal 1868, con ogni probabilità a causa dell'elevatissimo livello lacustre concomitante, ma resta il dubbio se sia stata in assoluto anche la piena più gravosa come portata a Candoglia nello stesso periodo.

4.9.1 Le piene del Lago Maggiore

La piena del Lago Maggiore dell'Ottobre 2000 ha presentato il suo colmo alle ore 23.30 del giorno 16-10-2000, con un livello idrometrico massimo di 197.94 m s.l.m. a Pallanza, e come già detto, con un ritardo di circa 29 ore rispetto al colmo di piena del F.Toce (secondo il dato della Regione, di 31.5 ore secondo il Consorzio del Ticino).

La risalita di livello del lago è stata lineare, con un aumento pressoché continuo di 4-5 cm/ora, senza punti di flesso; la piena del 1993, al contrario, era costituita da tre risalite, intervallate da periodi di stasi e abbassamento. Del resto le precipitazioni del 1993 si erano sviluppate su un periodo di tre settimane, mentre nell'Ottobre 2000 l'evento era risultato risultato concentrato in pochi giorni. Dopo il colmo, il livello del lago ha cominciato a scendere con una diminuzione media di 1 cm/ora.
Il valore di colmo dell'Ottobre 2000, di 197.94 m s.l.m., costituisce come già detto il massimo valore registrato a partire dalla piena storica del 1868; tale livello, elaborato statisticamente con i valori registrati a Pallanza nel periodo 1952-2000, e confrontato con le analoghe elaborazioni eseguite dopo la piena del 1993, contribuisce ad aumentare i livelli di piena previsti a vari tempi di ritorno; secondo tali nuove elaborazioni statistiche la piena del 2000 sarebbe caratterizzata da un tempo di ritorno di circa 68 anni (Gumbel), contro un tempo di ritorno di circa 85 anni considerando i dati solo fino alla piena del 1993; per confronto, le elaborazioni statistiche riportate dalla citata pubblicazione a cura di M.Cattaneo, U.Maione, P.Mignosa e M.Tomirotti, eseguite però sui dati dell'idrometro di Sesto Calende a partire dal 1943, anno di entrata in funzione della diga della Miorina, indicano, per

l'evento dell'Ottobre 2000, un tempo di ritorno di 73 anni (Gumbel) e di 81 anni (Log-normale).

Per quanto riguarda le interferenze tra il F.Toce e il Lago Maggiore, risulta che, indicativamente, a valle del ponte ferroviario della ferrovia Milano-Domodossola sono prevalsi i livelli idrometrici legati all'innalzamento lacustre, mentre a monte dello stesso i livelli idrometrici sono stati più elevati a causa della piena del F.Toce; in ogni caso i due fenomeni sono strettamente interdipendenti.

4.9.2 Modelli idraulici disponibili

Nel grafico allegato sono rappresentati i profili dei modelli idraulici disponibili sul Fiume Toce fra Migiandone e la foce:

- 1973: Istituto di Idraulica di Padova – Profilo di piena di frequenza probabile centenaria, corrispondente a circa 2850 m^3/s a Candoglia con livello idrometrico a 204.20 m s.l.m. e 3250 m^3/s alla foce, con livello lacustre di 197.57 m s.l.m.;

- 1996: Autorità di Bacino del Fiume Po – Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Profilo delle portate di piena fra Migiandone e la foce, per portate a tempo di ritorno 20, 100, 200 anni, corrispondenti rispettivamente a livelli idrometrici di 204.30 m, 205.00 m e 205.40 m s.l.m. e a 1983, 2631 e 2909 m^3/s, con livello lacustre a 194.50 m s.l.m., e relativo profilo del fondo alveo;

- Marzo 2000 – Consorzio del Ticino, per conto dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – Profilo idraulico del F.Toce a tempo di ritorno 200 anni, corrispondente a circa 3195 m^3/s a Candoglia (livello idrometrico di circa 205.70 m s.l.m.), con livello lacustre di 198.65 m s.l.m., e relativo profilo del fondo alveo;

- Ottobre 2000 – Profilo della piena del F.Toce, ricavato dalle marche di piena spondali, con livello idrometrico a Candoglia di 203.77 m s.l.m., con contemporaneo livello lacustre pari a circa 197.00 m s.l.m. e fondo alveo a Candoglia di 193.00-193.50 m s.l.m.

La prima considerazione che si può ricavare dall'esame dei profili teorici confrontati con i dati delle marche di piena è quella che le osservazioni a suo tempo avanzate dalla Provincia del V.C.O. e dai vari Comuni della zona, ivi compreso il Comune di Gravellona Toce, all'Autorità di Bacino, nonché le richieste di taratura del primo modello, erano giustificate.

Per quanto concerne i profili P.A.I., confrontati con le marche di piena, si osserva che l'evento dell'Ottobre 2000 ha presentato un profilo più regolare e con livelli idrometrici più bassi di quelli previsti dal modello.

Anche per quanto riguarda il successivo modello elaborato dal Consorzio del Ticino si può osservare che il reale profilo idrometrico di piena è stato più regolare e nel complesso più concavo di quello previsto dal modello, e che le differenze fra i dati osservati e quelli teorici sono anche in questo caso rilevanti.

Altrettanto vistose sono le differenze fra le effettive sezioni di deflusso a Candoglia e quelle utilizzate per le varie modellizzazioni e non si può escludere quindi che le notevoli differenze fra le varie modellizzazioni siano imputabili prevalentemente a incertezze di tipo topografico (si può osservare ad esempio che il fondo alveo utilizzato dal P.A.I. e dal Consorzio del Ticino risulta addirittura più alto del fondo scala dell'idrometrografo).

Il modello più simile all'evento dell'Ottobre 2000 risulta invece quello del 1973 eseguito a cura dell'Istituto di Idraulica di Padova, a cui veniva attribuito un tempo di ritorno di 100 anni.
Con i dati sopra riportati è possibile eseguire una valutazione della portata di piena al colmo transitata a Candoglia utilizzando una condizione di moto uniforme, sufficientemente accettabile per la regolarità della sezione esaminata. Per i relativi calcoli si rimanda allo studio del dott. Isoli effettuato per la variante di Gravellona Toce (area in sx del torrente Strona) adottata nel marzo 2003.

4.9.3 Marche di piena sulla piana terminale del f. Toce

In varie date negli anni 2002 e 2003 sono state individuate con rilievo sul terreno parecchie arche di piena nella zona allagata durante l'evento dell'Ottobre 2000, a partire da poco a monte del ponte di Migiandone sino alla foce, sui territori dei Comuni di Verbania, Baveno, Gravellona, Mergozzo.

Delle marche di piena più significative è stata rilevata, mediante livellazione tacheometrica di precisione appoggiata su punti I.G.M., la quota assoluta con precisione centimetrica e la posizione planimetrica con precisione decimetrica.

Sulla base di queste misure è stata poi innanzitutto tentata una interpolazione dei dati mediante programmi automatici appositi, al fine di identificare la superficie d'acqua con relative curve di livello.

I risultati ottenuti sono stati nel complesso non soddisfacenti, ossia poco corrispondenti ai fenomeni osservati direttamente o attraverso fonti orali, presumibilmente a causa della presenza di ostacoli al deflusso diretto difficilmente rappresentabili in un modello matematico.

Si è preferito pertanto eseguire interpolazioni per zone, innanzitutto lungo le fasce spondali del F.Toce e del T.Stronetta e, successivamente, lungo le zone di deflusso

eccezionale, come quelle sul Piano Grande a tergo del rilevato autostradale, nella piana di Mergozzo, Gravellona Toce e Ornavasso.

I risultati ottenuti possono considerarsi soddisfacenti soprattutto in quanto i punti rilevati si collocano molto bene sulla rappresentazione ottenuta, che presenta gradienti coerenti con la situazione morfologica e con i fenomeni a suo tempo osservati o ricavati dalle fonti orali (direzioni di deflusso, battenti idrici, velocità di flusso, erosioni, ecc.).

Tali risultati sono rappresentati in un elaborato "Fiume Toce - Evento alluvionale dell'Ottobre 2000 - Carta idrologica" alla scala 1:10.000, su cui sono rappresentate le situazioni in corrispondenza del colmo di piena del F.Toce.

Alcuni elementi delle carte sono ovviamente frutto di interpretazione, come ad esempio la forma delle isoipse che rappresenta indicativamente le linee di deflusso osservate durante l'evento, nonché alcune osservazioni speditive sui profili trasversali della corrente.

Occorre però precisare che, stante la modesta pendenza del piano d'acqua, l'equidistanza delle isoipse è stata scelta in 10 cm, e quindi anche gli aspetti interpretativi si giocano su valori centimetrici.

I risultati dell'analisi eseguita possono essere così riassunti:

- innanzitutto si è confermato il fatto che poco a valle del ponte della ferrovia Milano - Domodossola i battenti idrici maggiori sono stati determinati dall'innalzamento lacustre (in data 16/10 alle ore 23.30); nella parte terminale del F.Toce pertanto le marche di piena sono poste tutte fra 197.89 m e 197.96 m s.l.m. (le differenze centimetriche sono attribuibili alla precisione della livellazione e all'interpretazione del livello mediante marche di piena), mentre i dati sulla piena del F.Toce del giorno prima, sempre nella stessa zona, non sono rappresentati da marche di piena ma sono stati ricostruiti da fonti orali e da interpolazione con il contemporaneo livello lacustre (197.00 - 197.10 m s.l.m.);

- nella zona a monte del ponte della ferrovia Milano - Domodossola le marche di piena sono invece legate prevalentemente al colmo di piena fluviale, sia pur con gli effetti di rigurgito dovuti al contemporaneo elevato livello lacustre, che può influire sul profilo della corrente almeno sino a poco a monte della s.s. n. 34, mentre, oltre questa, il profilo dipende pressoché esclusivamente dalle portate di piena del F.Toce;

- in generale, il confronto fra piano d'acqua e morfologia del terreno ha confermato completamente i limiti delle zone effettivamente allagate; molto evidente risulta la dinamica di allagamento dovuta ad interruzioni della continuità del rilevato autostradale;

- molto importanti appaiono gli effetti di irregolarità del profilo in alveo causati da ostacoli, come ad esempio le rovine del ponte ANAS di Gravellona Toce o la soglia del ponte di Migiandone;

- il profilo lungo l'alveo dedotto dalle marche di piena spondali osservate e debitamente quotate è stato riprodotto anche nell'elaborato "Inviluppo livelli massima piena F.Toce" e può essere confrontato, come già detto, con i profili derivanti dai vari modelli idraulici disponibili, che in larga misura prevedono battenti idrici molto più elevati di quelli effettivamente riscontrati, ad eccezione del profilo redatto nel 1973 dall'Istituto di Idraulica dell'Università di Padova che si adatta molto bene a quanto osservato, anche se in modo un po' troppo regolare.

4.9.4 Valutazione delle aree allagabili dalla piena del f.Toce a vari tempi di ritorno

All'evento descritto al paragrafo precedente per l'evento dell'ottobre 2000 può essere attribuita una probabilità di occorrenza nel modo seguente:

- all'evento di piena del F.Toce può essere attribuito un tempo di ritorno di circa 50 anni;

- all'evento di piena del Lago Maggiore può essere attribuito un tempo di ritorno di circa 70 anni;

- all'evento congiunto (piena del F.Toce + piena del Lago Maggiore) è presumibile che debba attribuirsi un tempo di ritorno superiore; poiché non si tratta di fenomeni indipendenti il calcolo risulta particolarmente complesso e fortemente condizionato dalla limitatezza dei dati; in via indicativa si assume un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni per l'evento complessivo (si tratta di 1 solo caso verificatosi a partire dal 1868).

Per quanto concerne l'intensità dei fenomeni si ritiene di considerare come effettivamente determinanti sulla pericolosità quelli più gravosi verificatisi in ogni area omogenea, indipendentemente dal fatto che si tratti di fenomeni fluviali o lacustri; in pratica gli elementi più importanti per la definizione della pericolosità sono nell'ordine la velocità dell'acqua, il trasporto solido e l'altezza del battente idrico.

Volendo utilizzare tutta la gamma di pericolosità possibile per lo stesso tipo di evento a tempo di ritorno 100 anni, ad una zona interessata da fenomeni di energia elevata o molto elevata, come gli alvei fluviali e le fasce spondali immediatamente adiacenti, va attribuita una pericolosità molto elevata anche in considerazione del fatto che anche episodi più frequenti e meno intensi rendono comunque fortemente pericolosi gli alvei fluviali.

Per le fasce fluviali interessate da fenomeni di energia medio-elevata solo in corrispondenza di tracimazioni tutto sommato abbastanza rare e sempre a valle del rilevato autostradale, pare comunque accettabile la definizione di pericolosità elevata.

Nelle aree allagabili con modesta velocità e conseguente energia medio-bassa in corrispondenza dei fornici autostradali e complessivi limitati fenomeni di deposizione limosa, pare cautelativa una definizione di pericolosità media, teoricamente riducibile tramite interventi di protezione.

Nelle aree marginali (a monte del rilevato autostradale) allagabili con velocità nulla o modesta e conseguente pressoché nulla o al massimo bassa energia e per le aree soggette a sola sommersione lenta (come ad esempio le zone a drenaggio difficoltoso all'interno degli svincoli autostradali): pericolosità moderata o al massimo media in funzione dei battenti idrici.

Per quanto riguarda la valutazione di pericolosità relativamente ad eventi più rari (con 200 anni di tempo di ritorno) si possono eseguire le seguenti valutazioni:

- per quanto concerne i livelli lacustri, ad un tempo di ritorno 200 anni corrisponde un livello di 198.71 m s.l.m., ossia 77 cm sopra la quota dell'Ottobre 2000; se la serie dei dati disponibili potesse prolungarsi sino al dato del 1868 è probabile che l'elaborazione statistica produrrebbe risultati diversi, ma è noto che le condizioni di deflusso all'incile non sono più quelle originarie, così come assolutamente diversa è la condizione degli invasi montani, che nel complesso raccolgono un volume indicativamente paragonabile a poco meno di un metro d'acqua su tutta la superficie lacustre; pertanto sul piano statistico appaiono più verosimili le elaborazioni dei livelli lacustri registrati nel secondo dopoguerra; fra questi il più vicino al F.Toce è l'idrometrografo di Pallanza, che risente pertanto molto meno delle variazioni di gradiente; si conferma quindi l'ipotesi fatta;

- per quanto concerne i livelli fluviali si è già detto che a Candoglia, con tempi di ritorno di 200 anni, è prevedibile una piena di 3200 m^3/s e un livello idrometrico di 970 cm, ossia di circa 92 cm al di sopra del livello dell'Ottobre 2000;

- si è anche detto tuttavia che i singoli eventi dell'Ottobre 2000 sono da considerarsi rispettivamente con tempo di ritorno di 50 e 70 anni, ma che l'evento complessivo può considerarsi più raro e con tempo di ritorno almeno centenario;

- non indifferente è anche il fatto che le sezioni di deflusso in Comune di Gravellona Toce, Mergozzo nonché di Verbania, sono molto più ampie che a Candoglia, e che quindi l'aumento di portata si realizza con minor altezza idrometrica.

Da tutto quanto sopra, e senza tuttavia poter elaborare più analiticamente l'insieme dei fenomeni, che esigerebbe modelli raffinati, tarati sui dati del 2000 ed estrapolati a

scenari più gravosi, si può ritenere, con discreta affidabilità, che un evento a tempo di ritorno 200 anni non dovrebbe superare battenti d'acqua, al massimo di 1 m superiori all'evento dell'Ottobre 2000, ossia, nell'area di confluenza del T.Strona, con un livello idrometrico non superiore ad una quota assoluta di 201.00 m s.l.m.

I fenomeni prevedibili per battenti d'acqua di tale entità non dovrebbero modificare sostanzialmente i limiti delle zone a pericolosità omogenee già descritte, ma il livello di intensità dei fenomeni, ossia di energia nell'intervallo di tempo e per metro quadrato di superficie dovrebbe aumentare, sia pur non in modo proporzionale al tempo di ritorno, con la precisazione che l'energia aumenta con il quadrato della velocità e quindi l'aumento sarà ovviamente più consistente per quanto riguarda la zona di alveo e le fasce spondali ad esso immediatamente adiacenti, e pressoché irrilevante dove la velocità è nulla, e sarà ancora nulla in quanto determinata solo dall'innalzamento lacustre (e da fenomeni di rigurgito o di scarso drenaggio).
Per quanto concerne la valutazione quantitativa della pericolosità si deve ricordare poi che se l'intensità dei fenomeni aumenta, la probabilità della loro occorrenza diminuisce, per cui il prodotto non dovrebbe a rigore modificarsi di molto.

Tale valutazione dei livelli idrometrici a tempo di ritorno 200 anni, appare ben inferiore a quello dello studio del Consorzio del Ticino, che per un tempo di ritorno a 200 anni (o più elevato per l'evento complessivo con il Lago Maggiore) prevede una quota al ponte di Gravellona Toce di circa 202.50 m s.l.m. e ancor meno alla previsione PAI che, sempre a tempo di ritorno 200 anni prevede una quota assoluta di circa 202.73 m s.l.m. (interpolazione fra le sezioni 5 e 6) e di circa 203.50 m s.l.m. per un tempo di ritorno di 500 anni.

Pertanto, pur non condividendo le risultanze di questi ultimi modelli idrometrici, si ritiene di tenerli in considerazione in via esclusivamente cautelativa ai fini della procedura di individuazione del rischio a tergo delle fascia B di progetto in sponda sinistra del T.Strona e per quanto concerne tempi di ritorno 200 anni.

5. Descrizione dei dissesti legati all'instabilità dei versanti

Tutti i dissesti presenti nel territorio comunale di Gravellona Toce sono riconducibili a fenomeni gravitativi. L'intensa attività dei ghiacciai sulle rocce con la creazione di ripide pareti rocciose, unitamente ad una situazione tettonica che ha decisamente modificato l'assetto strutturale di tutte le formazioni presenti nell'area, ha dato origine a diversi crolli, avvenuti perlopiù in epoche remote. Soprattutto il versante orientale del Monte Cerano, presenta considerevoli accumuli di detriti sulle sue pendici (foto 3.3) e alla base con falde di detrito miste a piccoli episodi di crollo. Tali depositi sono ormai stabilizzati e colonizzati, non si registrano da tempo fenomeni simili e anche la banca dati non registra fenomeni gravitativi di versante degni di nota.
Va segnato comunque il rischio di caduta massi presente sulla Via Martiri che determina un certo grado di pericolosità sulla viabilità esistente e sugli edifici che si affacciano sulla strada.
Parte degli affioramenti coinvolti dal distacco massi sono situati in territorio comunale di Casale Corte Cerro, ma l'eventuale rotolamento coinvolgerebbe strutture antropiche in Gravellona Toce.
Sull'area sono stati eseguiti 2 rilievi geomeccanici che hanno confermato il grado di rischio presente.
Non sembra possibile nell'area eseguire degli interventi mirati a causa della eccessiva frammentazione degli affioramenti. Una soluzione globale con una rete paramassi posta a monte della strada potrebbe garantire la sicurezza dei terreni posti a valle.

6. Caratteristiche geotecniche dei depositi incoerenti della piana alluvionale

6.1 Natura dei depositi

L'area alluvionale è collocata tra i plutoni granitici del Montorfano a nord e del Monte Camoscio e del Monte Zucchero a sud.
Tali plutoni fanno parte dei cosiddetti "Graniti dei Laghi" che costituiscono un esteso batolite composito che si estende in direzione nord-est dal Biellese alla Val d'Ossola comprendendo i corpi di Biella-Valsessera, Alzo-Roccapietra, Quarna, Mottarone-Baveno e Montorfano, la cui messa in posto è ascrivibile all'orogenesi ercinica.
Il fondovalle si presenta uniformemente pianeggiante, ad eccezione di limitatissimi terrazzamenti dovuti ad antiche esondazioni fluviali, caratterizzato da quote medie di 200 metri s.l.m., ed è costituito da un imponente edificio sedimentario la cui genesi è da ricondurre all'azione congiunta, prevalentemente deposizionale, dei corsi d'acqua principali, tra cui il Fiume Toce e il Fiume Strona su tutti: chiaramente evidenti le rispettive piane alluvionali e conoidi che confluiscono.
Per la piana sono stati stimati spessori sedimentari dell'ordine di circa 150 m (Damiani, 1972): in effetti una perforazione eseguita nella piana per ricerche idriche per conto del Comune di Verbania, ha incontrato fino a 100 m un'alternanza di sabbie medio fini e ghiaie senza incontrare depositi lacustri, glaciali e nemmeno il substrato roccioso. La formazione della piana è stata condizionata parzialmente dalla presenza del Montorfano e da una soglia in roccia su cui sorge l'abitato di Mergozzo, che ha impedito lo sfocio diretto del Fiume Toce nel Lago Maggiore. Il continuo avanzare del delta del Toce ha provocato, con il continuo accrescersi della piana alluvionale, la separazione tra il Lago di Mergozzo e il Lago Maggiore, avvenuta secondo stime di alcuni autori (Errera, 1902), intorno all'anno 1000.
Il divagare meandriforme dei principali corsi d'acqua nell'ambito della piana ha determinato successioni di strutture nastriformi e lentiformi interdigitate di sedimenti tipici di ambiente fluviale, di conoide alluvionale e di piana alluvionale.
Si hanno quindi alternanze lenticolari di sabbie finissime e limi, da sciolti a mediamente addensati, sabbie più o meno addensate e ghiaie, aventi strutture caratteristiche come ad esempio laminazioni parallele ed oblique, depositi di canale, di point bars, di argine naturale e di piana di inondazione. Ci possono essere locali aumenti della frazione ghiaiosa avvicinandosi alla porzione prossimale della conoide del Fiume Strona e in direzione nord ovest lungo il corso del Fiume Toce.

6.2 Stratigrafie dei pozzi

Dei quattro pozzi che servono l'acquedotto comunale si riportano solo due stratigrafie in quanto le altre sono andate perdute.
Si riporta la stratigrafia:

Pozzo di via XX Settembre (Terra di Sotto)
60,50 metri di profondità con filtro da 36,55 a 57,80 metri dal p.c.
In prevalenza trovanti e ghiaia, lignite a 58 metri.

Pozzo di Via Martiri (Pedemonte)
31 metri di profondità con filtro da 14 a 21 metri dal p.c.
Ghiaia e trovanti, torba e argilla a 21 metri.

Pozzo Globalpesca, Via Cirla (privato)
38 metri di profondità, filtri tra 11 e 22,50 metri e 25,50 e 30 metri dal p.c.
Sabbia (in prevalenza) e ghiaia, con limo torboso da 32 metri.

6.3 Indagini geognostiche effettuate

I numerosi dati a disposizione ottenuti dalle numerose penetrometrie (statiche e dinamiche) effettuate nella zona, nonché la ragguardevole mole di dati ottenuta dalle indagini geognostiche eseguite per la costruzione dell'Autostrada (prove dinamiche continue e sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in foro), permettono di asserire come i terreni superficiali, in genere costituiti da limi e sabbie limose sciolte, con locali livelli di ghiaie, con falda freatica in condizioni medie ad una quota di 1.5-2.0 m dal p.c., possiedano caratteristiche geomeccaniche medio-basse o scadenti, con basse resistenze al taglio ed elevata deformabilità (vedi ad esempio le penetrometrie statiche e dinamiche eseguite nella nuova zona industriale allegate). Localmente l'aumento della frazione ghiaiosa e del grado di addensamento possono portare i terreni superficiali ad avere caratteristiche geomeccaniche medie, o, al limite, medio-buone, come ad esempio nei terreni circostanti lo svincolo autostradale (vedi stratigrafie di sondaggi con prove SPT in foro e penetrometrie dinamiche allegate).
Nei casi peggiori si deve quindi ricorrere o all'adozione di fondazioni speciali o ad una serie di interventi atti a migliorare ed uniformare le caratteristiche meccaniche dei terreni superficiali fino alle profondità significativamente interessate dalle fondazioni.
In linea teorica è quindi possibile ricorrere ai seguenti interventi:
-trattamento colonnare del terreno mediante iniezioni controllate ad alta pressione con tecnica C.C.P. (jet-grouting)
-pali battuti tipo SCAC
-pali gettati in cassaforma recuperabile
-platee

-travi rovesce appoggiate su trincee di misto granulare rullato e compattato
La terza soluzione è quella che appare, in generale, la meno onerosa dal punto di vista economico, ed è stata infatti impiegata diffusamente nell'area con ottimi risultati. Certamente differenti situazioni locali possono consigliare, previo accertamento basato su indagini geognostiche in sito, altri tipi di fondazioni.

7. Banca dati geologica e ricerca storica

La Banca dati geologica regionale (Settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico, sistema informativo geologico - processi effetti - Sede di Biella) ha trasmesso nel mese di luglio 97, all'amministrazione comunale, le schede in suo possesso relative ai dissesti censiti nel territorio comunale di Gravellona Toce.
Vengono riportati cronologicamente nell'ordine:
Località del dissesto, anno, tipo di evento, danni registrati

1 - Gravellona, 2/11/1968, attività fluviale e torrentizia con piena del fiume Strona, ponte ed edifici distrutti.
2 - Rio Lovich a Pedemonte, 2/11/1968, attività fluviale e torrentizia, allagamento della frazione.
3 - Gravellona fiume Strona, 5/05/1969, attività fluviale e torrentizia, edifici coltivi e opere idrauliche danneggiate.
4 - Pedemonte rii Inferno e Vallone, 1974, attività fluviale e torrentizia, allagamento.
5 - Pedemonte cima Morandi, 1974, attività fluviale e torrentizia, frane di diversa tipologia.
6 - Gravellona zona industriale, 09/1981, attività fluviale e torrentizia, allagamento.
7 - Gravellona Toce rio Frassino, 12/10/1987, attività fluviale e torrentizia, allagata completamente una fabbrica.
8 - Generalizzato nel territorio di Gravellona Toce, 11/10/1993, vari processi di instabilità, trasporto solido con intasamento e esondazioni nei rii Lancone, Svempio, Inferno, Stronetta, fiume Toce, con allagamenti e frana nell'alveo del rio Cirisolo.

Lo scrivente inoltre ha effettuato una ricerca nell'Archivio Comunale, nella Biblioteca Comunale e anche una visita all'Archivio Diocesano di Novara.
Tale ricerca ha permesso di recuperare alcune documentazioni relative a venti alluvionali significativi e in alcuni casi catastrofici.
Documentazione rinvenuta:
"La necropoli Gallo-Romana di Gravellona Toce" di F.Pattaroni, da cui e tratta la foto aerea dello Strona del '44. In questa pubblicazione viene descritta la necropoli gallo-romana situata a Pedemonte, abbondantemente ricoperta da sedimenti alluvionali attribuibili alla conoide del Rio Inferno con uno spessore di circa 2-3 metri, stimata l'età dell'evento verso il IV° secolo d.c.
"San Maurizio di Gravellona Toce", storia della chiesa omonima situata in prossimità del cimitero di Gravellona Toce. Questa pubblicazione scritta dall'anziano parroco di Gravellona Toce. Anche la zona di San Maurizio fu occupata dai Galli (V° secolo a.c.) e in seguito dai Romani. Sembra che all'epoca romana il lago Maggiore lambisse la zona di S.Maurizio dove vi erigeva un porto di attracco per le imbarcazioni. Inoltre la pubblicazione cita un evento alluvionale dello Strona che ha lambito, danneggiandola, l'abside della chiesa di S. Maurizio. Purtroppo la data dell'evento non è citata.

"Mappale del comune di Granarolo del 1722" si riporta uno stralcio del mappale relativo alla confluenza dello Strona con il Toce, si può notare una grossa diramazione abbandonata verso nord e la sede del 1722 sinuosa e con terre emerse accatastate, all'interno dell'alveo. Questa situazione unitamente a quella descritta dalla pubblicazione precedente, conferma l'ipotesi di una migrazione lenta ma perentoria del delta dello Strona, verso sud.
"Relazione ufficio tecnico, danni causati dal nubifragio del 2/11/68" Si riporta per intero la relazione che evidenzia in primo luogo il crollo del ponte Napoleonico sulla statale e in seguito i numerosi dissesti sui principali bacini idrografici del territorio.

8. Idoneità all'uso urbanistico del territorio e considerazioni finali

La classificazione del territorio comunale ai sensi della Circolare 7LAP ha come obiettivo quello di garantire che lo sviluppo del territorio avvenga sulla base di conoscenze certe e verificate dello stato di pericolosità geomorfologica.

8.1 Principi fondamentali della circolare p.g.r. n.7 lap

Si richiamano innanzitutto qui di seguito in sintesi tali principi fondamentali.
Il territorio va suddiviso in classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica.

CLASSE I - Porzioni di territorio ove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88.

CLASSE II - Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate dal D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'"intorno significativo circostante.
Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, ne condizionare la propensione all'edificabilità.
Si riporta a titolo puramente indicativo, e non esaustivo, i seguenti esempi:
a) settori di territorio condizionati da modesti allargamenti dovuti all'azione antropica sul reticolato minore dove, comunque, l'azione delle acque di esondazione presenti caratteri di bassa energia e altezze di pochi centimetri;
b) in modo analogo ci si riferisce a quelle aree di pianura limitrofe a linee di drenaggio minori (acque non classificate, canali irrigui, fossi, ecc…), per le quali si evidenzia la necessità di interventi manutentivi (pulizia costante dell'alveo, rivestimento dei canali e dei fossi, adeguamento di attraversamenti, ecc…) e nelle quali il rischio di innondanbilità, di acque sempre a bassa energia, sia legato esclusivamente alla scarsa manutenzione.

CLASSE III - Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti quest'ultimi dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a difesa del patrimonio esistente.
La classe è suddivisa in sottoclassi.

CLASSE III a - Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono non idonee a nuovi insediamenti (aree

dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia).
Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad esempio ai parchi fluviali), vale quanto già indicato all'art.31 della L.R. 56/77.

CLASSE III b - Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente.
In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentiti solo interventi che non aumentino il carico antropico quali ad esempio interventi di manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc…; per le opere pubbliche non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto dall'art. 31 della L.R.54/77.
Nuove opere o nuove costruzioni sono ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità.

CLASSE III c - Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio, per le quali non è proponibile un'ulteriore utilizzazione urbanistica neppure per il patrimonio esistente, rispetto al quale dovranno essere addottati i provvedimenti di cui alla Legge 9/7/1908 n. 445.
Sono ovviamente ammesse tutte le opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e difesa del suolo.
In fase di predisposizione dello strumento urbanistico devono essere evidenziati i necessari interventi di riassetto idrogeologico atti a salvaguardare l'edificato; i comuni interessati dovranno tenere in considerazione l'esistenza di tali aree nella redazione del Piano Comunale di Protezione Civile, ai sensi della normativa vigente.
Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad esempio ai parchi fluviali), vale quanto già indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.

8.2 Considerazioni

Si evidenziano qui di seguito anche alcuni aspetti applicativi della Circolare.
La classificazione della Circolare P.G.R. 7LAP introduce il concetto di minimizzazione del rischio e ammette il permanere di edificazioni in classe IIIb.
Inoltre il recente Piano Stralcio del Bacino del Po introduce il concetto di gradazione del rischio e lo stesso concetto è implicito anche nella Legge 225/92 sulla protezione civile e nella L.R. n.19/85 per quanto riguarda la compatibilità del patrimonio esistente con il rischio sismico.
La Circolare P.G.R. n.7LAP non precisa però quali siano le procedure con cui devono essere verificate le eliminazioni e le minimizzazioni della pericolosità a seguito dell'attuazione dei Piani di riassetto nelle aree a classe IIIb.

In base a questo concetto (espresso dal Dott. Isoli) la cartografia prodotta dallo scrivente individua delle aree di classe IIIb3-1 e IIIb2-1, dove permane un rischio geomorfologico e idrogeologico ma eliminabile da una perfetta manutenzione delle opere di difesa idrogeologica esistenti sull'asta fluviale e/o dalla realizzazione di nuove opere di difesa. Nel territorio di Gravellona si sono realizzate ingenti opere di difesa idrogeologica, soprattutto a partire dagli anni 1997-98, nei bacini dei Rii Frassino, Cirisolo, Granerolo, Lovich, Stronetta e Inferno. Tali sistemazioni ci permettono di mettere in sicurezza estese porzioni di territorio. Occorrerà trovare le modalità e la tempistica affinché gli organi comunali garantiscano il perfetto funzionamento delle opere realizzate attraverso una manutenzione ordinaria e straordinaria in caso di eventi significativi. Qualsiasi decisione urbanistica nelle aree di classe IIIb dovrà essere sopportata da una perizia di un tecnico abilitato che certifichi il perfetto funzionamento delle opere di difesa presenti (briglie, soglie, difese di sponda) e che l'Ufficio Tecnico del Comune si incarichi di far effettuare la manutenzione prevista sulle opere (svuotamento briglie, pulizia, taglio alberi in alveo, disgaggio massi, pulizia alveo, scavo in alveo dove necessario, etc.).
Si individuano qui di seguito anche alcuni ambiti di determinazione delle classi di edificabilità, previsti dalla Circolare P.G.R. n.7LAP

8.2.1 Conoidi

Il Servizio Geologico Regionale ha recentemente proposto alcune modalità di analisi della pericolosità geologica delle conoidi basata sul confronto fra vari modelli presenti nella letteratura del settore.
Il materiale detritico massimo mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto, è stato quantificato ricorrendo ad alcuni metodi empirici riportati nella letteratura tecnica ed integrando con le osservazioni effettuate nel bacino durante i sopralluoghi.
Sono stati scelti vari metodi al fine di avere una panoramica dei risultati , essendo incerta la definizione del valore della magnitudo; nella tabella che segue si riportano i metodi empirici adottati e i valori delle magnitudo ricavati.
Come si ricava dall'esame dei metodi empirici riportati di seguito il materiale detritico massimo rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto può essere assimilato al valore di magnitudo. Questo valore come si può vedre assume delle entità molto variabili.

Torrente Rio Frassino

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	30.655
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	37.900
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	27.550
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	75.800
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	49.940
Bottino Crivellari e Mandrone 21241*A^0,28	30.845

dove:

A=area (kmq)	3,79
S=pendenza conoide all'apice (%)	25
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	10
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	2650

Torrente Rio Cirisolo

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	24.130
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	25.600
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	10.480
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	51.200
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	n.c.
Bottino Crivellari e Mandrone M=21241*A^0,28	27.636

dove:

A=area (kmq)	2,56
S=pendenza conoide all'apice (%)	3,3
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	3,3
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	3130

Torrente Rio Granerolo

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	11.503
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	7.600
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	14.950
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	15.200
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	139.469
Bottino Crivellari e Mandrone M=21241*A^0,28	19.670

dove:

A=area (kmq)	0,76
S=pendenza conoide all'apice (%)	21
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	25
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	2340

Torrente Rio Gaggiolo

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	27.859
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	32.400
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	47.200
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	64.800
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	76.101
Bottino Crivellari e Mandrone M=21241*A^0,28	29.520

dove:

A=area (kmq)	3,24
S=pendenza conoide all'apice (%)	12
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	12
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	3750

Torrente Rio Inferno

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	22.182
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	22.300
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	30.550
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	44.600
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	133.095
Bottino Crivellari e Mandrone M=21241*A^0,28	26.588

dove:

A=area (kmq)	2,23
S=pendenza conoide all'apice (%)	18
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	16,5
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	1950

Torrente Rio Lovich

Metodologia	Magnitudo mc
Takei M=13600*A^0,61	11.503
Marchi et Al. M=10000*A (per A<10kmq)	7.600
Rickemann e Zimmerman M= (110-2,5*S%)*L	21.000
Yazawa e Mizuyama M=na*A*Vr	15.200
Hampel M=150*A*(Sf-3)^2,3	34.595
Bottino Crivellari e Mandrone M=21241*A^0,28	19.670

dove:

A=area (kmq)	0,76
S=pendenza conoide all'apice (%)	16
na=fattore correttivo, tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino	0,5
Vr=valore di riferimento per il volume specifico di solidi per unità di area	40000
Sf=acclività conoide (%)	15
L=lunghezza dell'alveo sul conoide (m)	950

Queste valutazioni servono solo per poter avere un dimensionamento della possibile entità della colata torrentizia in caso di evento eccezionale.

Per una migliore visione della situazione sembra utile proporre la seguente classificazione per tutte le conoidi:

AMBIENTE	**IDONEITÀ ALL'EDIFICAZIONE**
Canale attivo inedificato	IIIa1
Fasce spondali riattivabili con difese da adeguare	IIIa1
Fasce spondali o paleoalvei edificati ma riattivabili per carenze di opere di difesa realizzazione di piani di riassetto	IIIb1
Fasce spondali e paleoalvei non riattivabili in quanto difesi da adeguate opere di protezione manutenzione delle opere di difesa	IIIb3, IIIb2
Conoidi terrazzate antiche non riattivabili	I o II
Zone distali o mediane a bassa pendenza con pericolosità legata alla possibilità di allagamento con laminazioni a bassa energia	II

8.2.3 Dinamica gravitativa

Anche in questo caso si propone la seguente tabella di conversione:

TIPO DI DINAMICA	**CLASSI DI EDIFICABILITÀ'**
Movimenti gravitativi ad alta pericolosità non controllabili con opere di difesa	IIIa
Movimenti gravitativi a medio-alta pericolosità controllabili con opere di difesa degli abitati	IIIb
Modesti movimenti gravitativi locali superabili nell'ambito del singolo progetto e del singolo lotto	IIa

8.2.4 Fasce fluviali

FASCE FLUVIALI	CLASSI DI EDIFICABILITÀ'
Fascia A	IIIa, al limite IIIc
Fascia B	IIIa, IIIb4
Fascia C	IIIB2, IIIB3, II (se non presente la B di progetto)

8.2.5 Caratteristiche negative dei terreni.

Si propone qui di seguito una tabella di conversione che può risolvere tali dubbi.

TIPO DI NEGATIVITÀ'	CLASSI DI EDIFICABILITÀ'
Terreni geotecnicamente scadenti in zone pianeggianti, tali da rendere necessario l'uso di fondazioni indirette	IIb e IIc

8.2.6 Allagamenti per variazioni di livello lacustre o per innalzamento della falda freatica

Per le aree soggette a tali fenomeni sembra opportuno suggerire la classe II con norme tecniche specifiche in relazione ai tempi di ritorno degli eventi e con possibilità di innalzamento del piano campagna

8.2.7 Disalvei

E' ampiamente dimostrato che tra le più efficaci opere di contenimento del trasporto solido di massa sulle conoidi vi è la realizzazione di ampie sezioni del canale centrale o addirittura di vasche di sedimentazione.

Anche nei tratti di alveo montano o pedemontano la pulizia degli alvei consente di diminuire efficacemente la possibilità di presa in carico di materiali solidi da parte delle piene e di impedire le tracimazioni delle arginature.
E' pertanto evidente l'urgenza di consentire, nel rispetto di tutte le altre normative, l'uso generalizzato di tali tecnologie che consentono fra l'altro di rendere disponibili materiali inerti nel settore edile.
La recente sistemazione del Rio Inferno all'apice della conoide ha mobilitato notevoli volumi di materiale fine che permane in parte ancora alle spalle della nuova briglia selettiva. Tale materiale verrà trasportato anche da piccoli ruscellamenti in alveo, fino alla zona distale della conoide insabbiando il piccolo alveo e consentendo tracimazioni laminate nella piana a campagna della Cascina Lucchini. In questa situazione occorrerà rendere possibile a scadenze ravvicinate, la pulizia dell'alveo da parte di mezzi meccanici.
Si richiama comunque la necessità di non effettuare interventi locali, avulsi da una programmazione di interventi a scala di bacino. Ciò in quanto, interventi puntuali e non ponderati alle problematiche di tutto il bacino, potrebbero avere solo l'effetto di "spostare" il problema più a valle o più a monte del sito oggetto dell'intervento.

Le operazioni di disalveo che interessano tratti di corso d'acqua demaniale sono sottoposte al regime autorizzativo e concessorio stabilito con DGR n. 44-5084 del 14/01/2002.

9. Idoneità all'uso urbanistico del territorio comunale

In base alle considerazioni esposte e all'analisi svolta si é prodotta la carta finale che consente di inquadrare tutto il territorio urbanizzabile di Gravellona Toce e di suddividerlo con questi criteri.

Per semplicità di descrizione il territorio é stato suddiviso in diverse aree:

a) Fiume Toce
Si conferma la delimitazione del Piano Fasce con la classe IIIa1.
Vi é inoltre una fascia IIIb2 distale dove vengono consentite delle realizzazioni di opere ma solo dietro ad esecuzione di opere di difesa o di adeguamento delle quote di imposta del pavimento. Infine una fascia IIIb3 dove qualsiasi nuovo intervento dovrà essere sopportato da una verifica della funzionalità delle opere di difesa idrogeologica esistenti.

b) Piana Industriale e Rio Stronetta
E' l'area di più difficile determinazione in quanto é condizionata da diversi fattori.
Si sono individuate diverse classi: IIIa1 per l'area di pertinenza fluviale dello Stronetta, come già approvato in conferenza dei servizi al termine della progettazione della nuova arginatura.
Classe III b2 per le aree limitrofe e quindi condizionate all'assetto delle arginature.

c) Torrente Strona e Conoide
Il nuovo studio idraulico ha permesso di definire con precisione le zone in sicurezza dalle aree potenzialmente allagabili.

d) Rio Frassino
La classe IIIa1 é stata ampliata in conoide per tutelare una grossa porzione di territorio alluvionato nel 1996. La parte distale della conoide é in classe IIIb3, mentre le aree industriali a quote topografiche decisamente ridotte sono state inserite in classe IIIb3.

e) Rio Cirisolo
data la sezione critica del ponte sulla statale le aree adiacenti alla conoide sono state inserite in classe IIIb2.

f) Granerolo
Le radicali sistemazioni dell'alveo hanno permesso una zonizzazione a fasce con cuscinetto e aree edificabili all'esterno.

g) Rio Gaggiolo

E' un rio in territorio comunale di Casale Corte Cerro, la cui conoide però entra nel territorio di Gravellona. In attesa di una sistemazione idraulica del rio si preferisce vincolare le aree concernenti la conoide con la classe IIIb3, in parallelo alla zonazione proposta per il territorio di Casale Corte Cerro.

h) Rio Lovich
E' stato sistemato di recente con alcune opere flessibili a massi ciclopici, anche qui si vincola un'area adiacente alle due sponde e una porzione dell'abitato in corrispondenza dell'inizio della tombinatura del rio dove si potrebbero verificare delle laminazioni in caso di ostruzione del tombino. L'affluente di destra, Val Faita viene cartografato e assoggettato a vincolo.

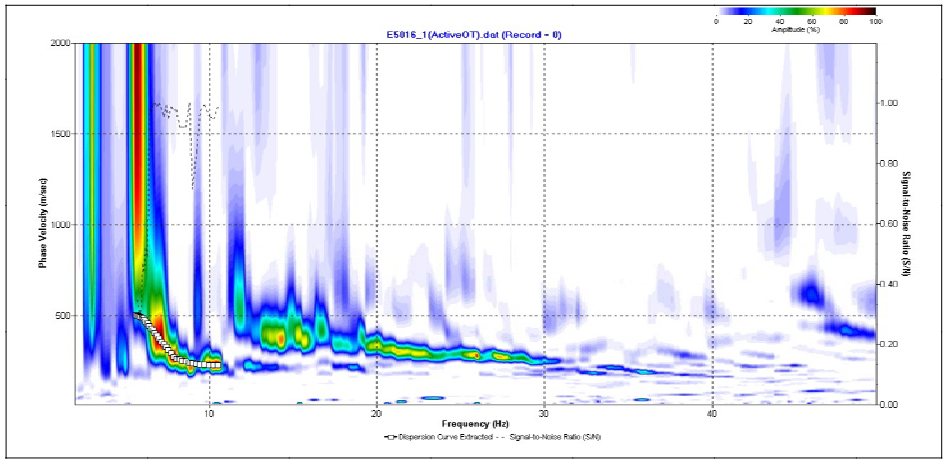
i) Rio Inferno
La realizzazione della briglia selettiva pone in sicurezza gran parte dell'abitato.
Più specificatamente, sono state individuate anche delle aree IIIb3 e IIIb2. Si tratta di aree dove la realizzazione di nuove opere sarà vincolata alla realizzazione di nuove opere di difesa idrogeologica. Opere peraltro già previste dal Piano di Intervento per il rio Inferno e in fase di realizzazione. Il primo intervento sarà rivolto all'alveo compreso tra i due ponti carrabili con la messa in sicurezza delle arginature esistenti e il loro completamento. Il secondo intervento mirato alla realizzazione di una seconda briglia a monte di quella esistente.
Più precisamente l'area IIIb1', in cui é vietato ogni nuovo intervento, si prevede la possibilità di piccoli ampliamenti sull'esistente solo a seguito dell'esecuzione degli interventi in programma.
La classe IIIb3-2 permetterà nuove edificazioni solo al compimento degli interventi di riassetto idrogeologico.

l) Piana Rio Lancone
Sia in classe IIc e IIb in rapporto all'elevazione topografica dalla piana alluvionale. Ampie fasce in classe IIIa1 sui rii minori per garantire future realizzazioni di opere di difesa idrogeologica.

m) Area abitata conoide dello Strona.
E' da ritenere una conoide ormai stabile e priva da ogni processo di rattivazione.

Gravellona Toce, Aprile 2015 Dott. Carlo Leoni

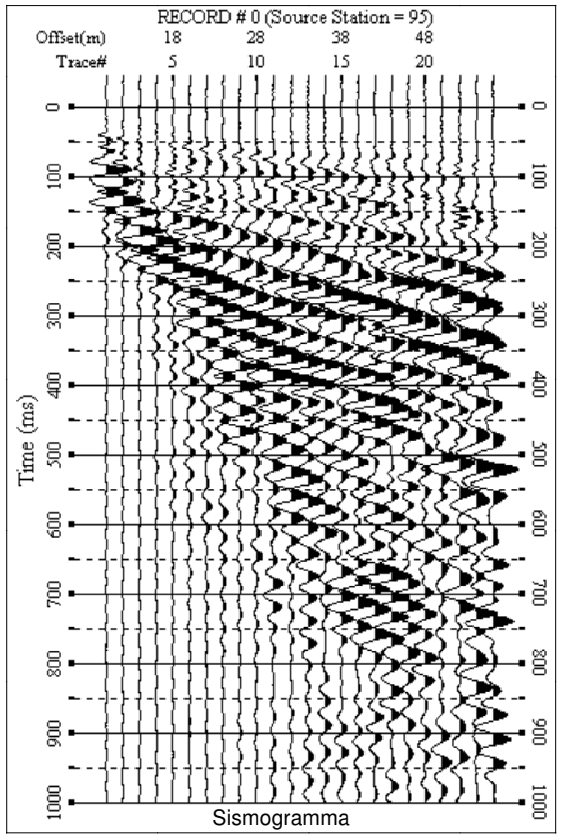
ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
LEONI CARLO DANIELE geologo specialista Albo n. 776 AP sezione A



LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000



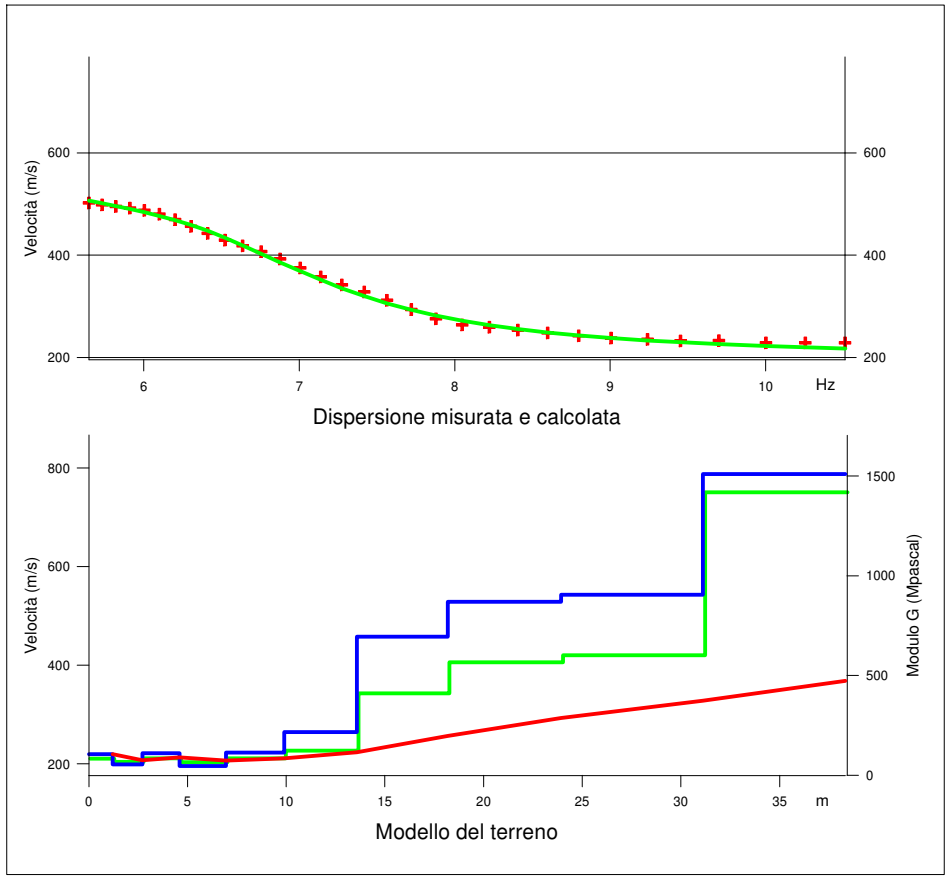


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.2	220	.0055	220	83
1.2	2.7	199	.0076	208	67
2.7	4.6	221	.0085	213	84
4.6	6.9	196	.012	207	65
6.9	9.9	222	.0133	211	85
9.9	13.6	264	.0139	223	123
13.6	18.2	458	.01	257	411
18.2	23.9	528	.0109	293	566
23.9	31.1	542	.0133	328	601
31.1	38.3	787	.0091	368	1418

VALORE CALCOLATO VS30 = 323 m/s

PROVA SISMICA VS30

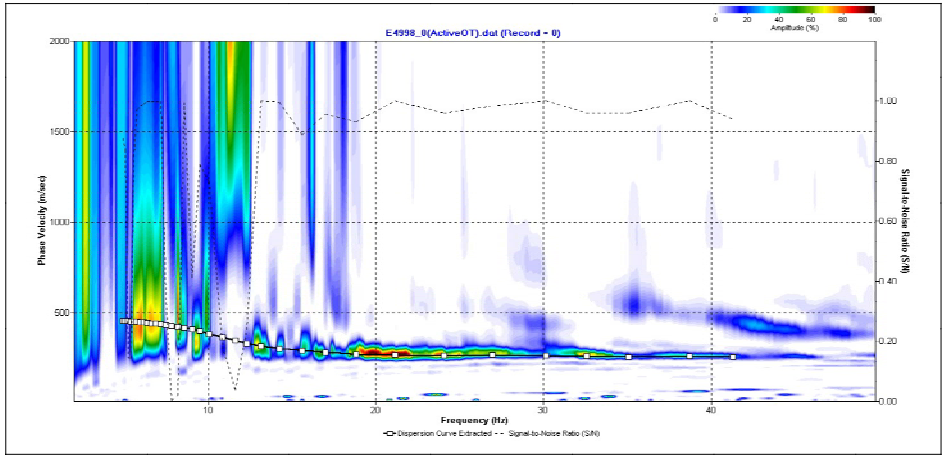
Gravellona

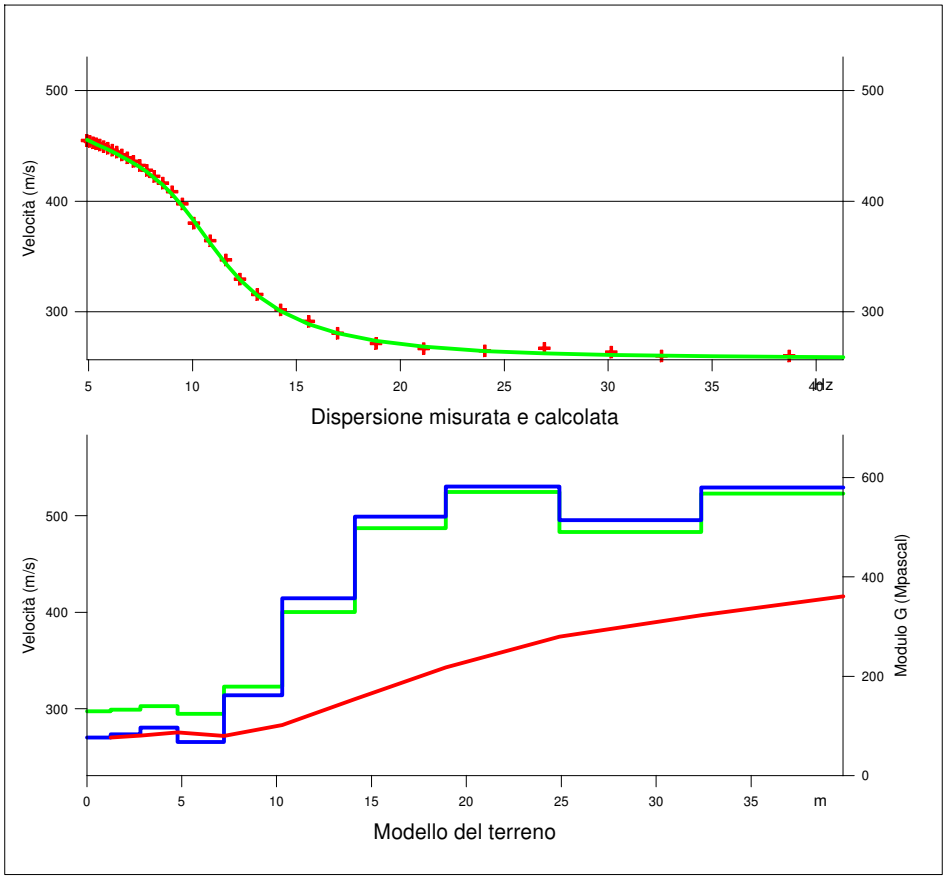
Geoarbor

Pedemonte

VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA E5016 Mw1

All. 2	Febbraio 2010	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI





LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000

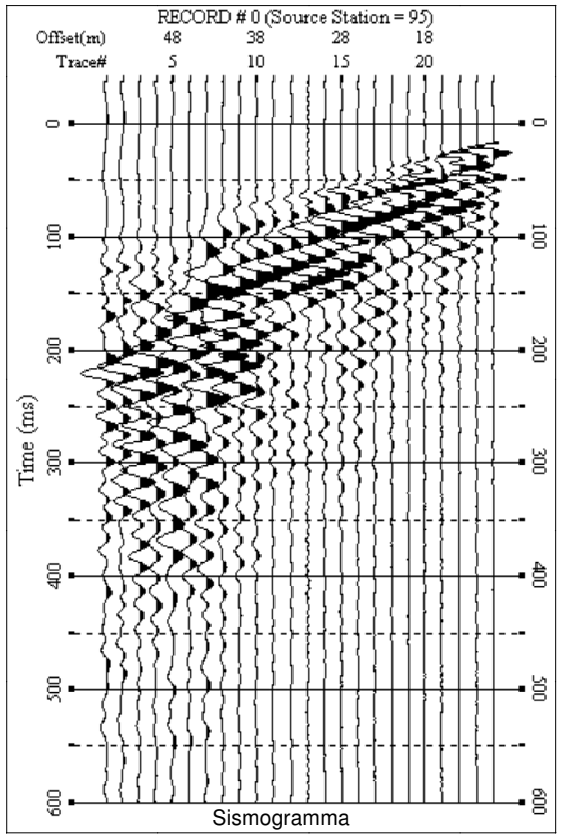


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.2	270	.0046	270	129
1.2	2.8	274	.0057	272	133
2.8	4.8	280	.007	276	140
4.8	7.2	266	.0092	272	125
7.2	10.3	314	.0098	283	179
10.3	14.1	415	.0092	310	329
14.1	18.9	499	.0096	343	498
18.9	24.9	530	.0113	375	571
24.9	32.4	496	.0151	397	490
32.4	39.8	529	.0141	417	568

VALORE CALCOLATO VS30 = 391 m/s

PROVA SISMICA VS30

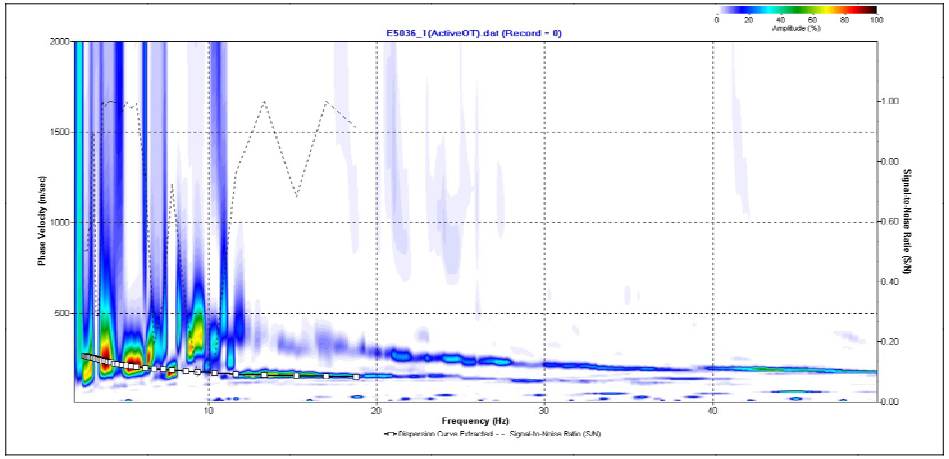
Gravellona

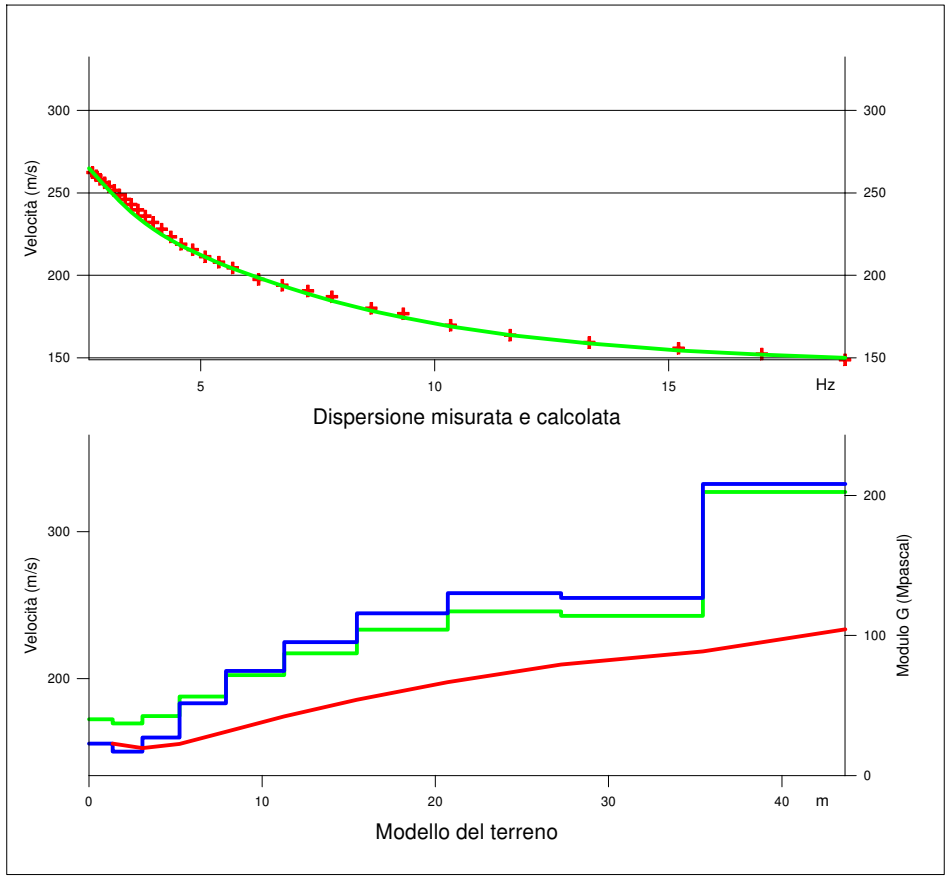
Geoarbor

Parco Isola Toce

VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA E4998 Mw1

All. 2	Febbraio 2010	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI





LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000

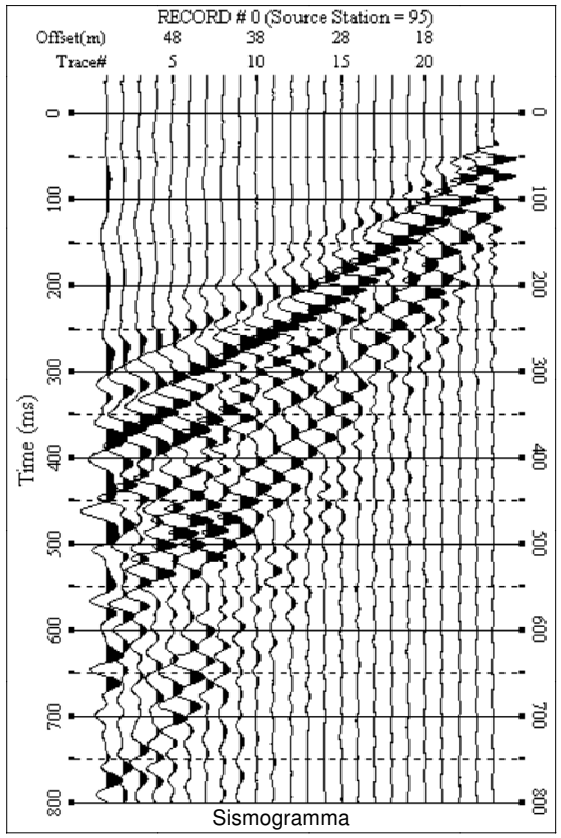


TABLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.4	156	.0088	156	40
1.4	3.1	150	.0114	153	37
3.1	5.2	160	.0134	156	42
5.2	7.9	183	.0146	164	56
7.9	11.3	205	.0164	174	72
11.3	15.5	225	.0186	186	87
15.5	20.7	244	.0214	198	104
20.7	27.3	258	.0254	209	117
27.3	35.5	255	.0321	218	114
35.5	43.6	332	.0246	233	202

VALORE CALCOLATO VS30 = 213 m/s

PROVA SISMICA VS30

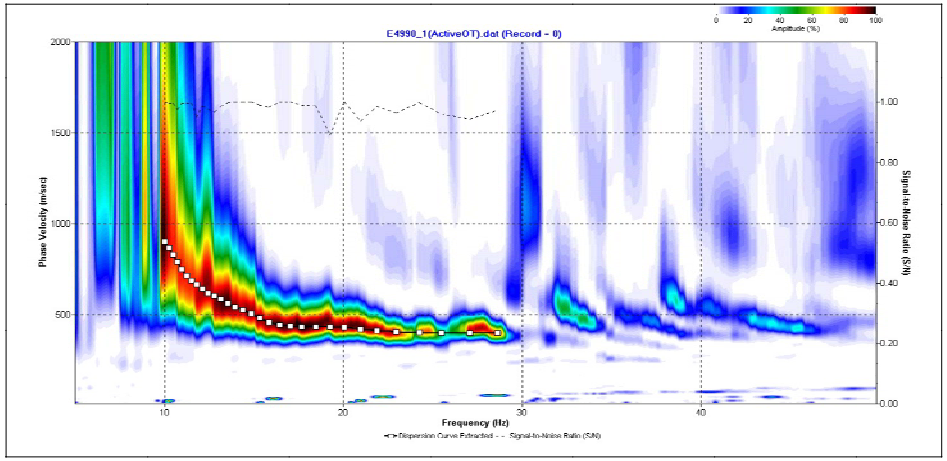
Gravellona

Geoarbor

Zona Industriale

VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA E5036 Mw3

All. 2	Febbraio 2010	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI



LEGENDA

+ Curva di dispersione misurata

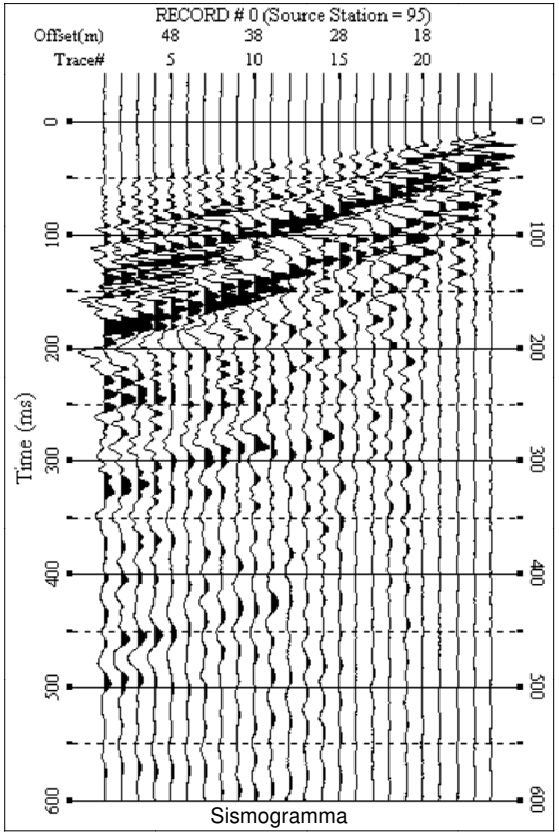
Curva di dispersione calcolata

Velocità sismica delle onde S

Modulo di taglio (Mpascal)

VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000



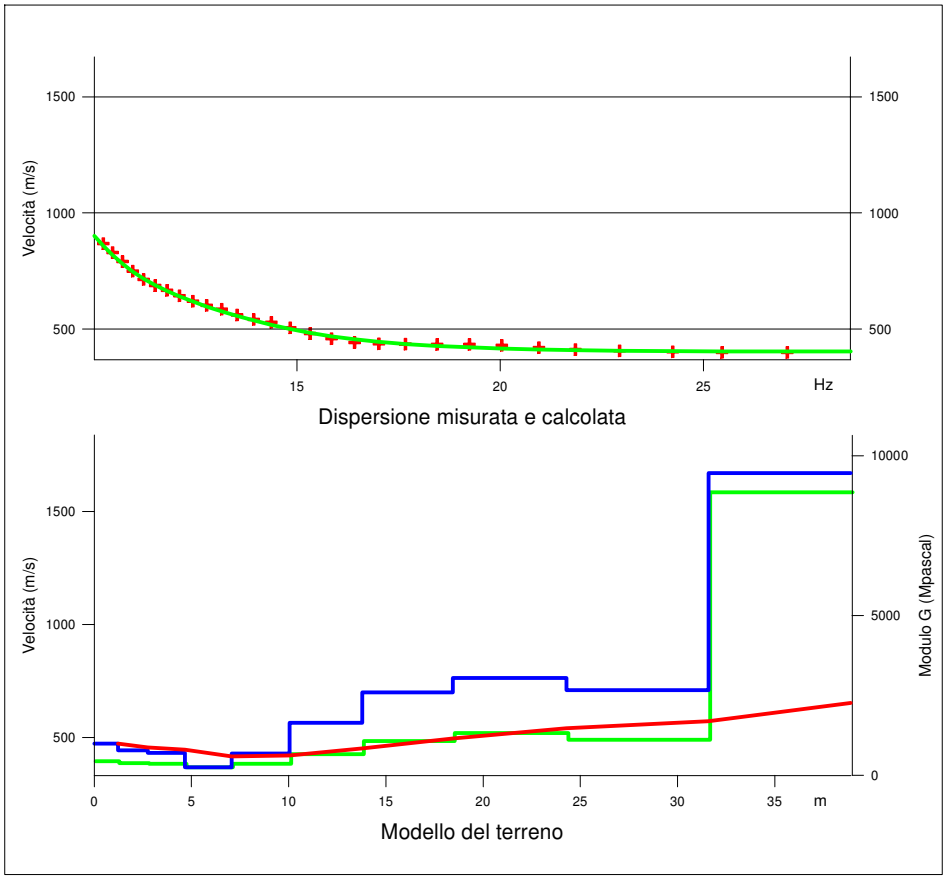


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1.2	473	.0026	473	442
1.2	2.8	443	.0035	456	381
2.8	4.7	432	.0044	446	360
4.7	7.1	368	.0065	416	253
7.1	10.1	429	.007	420	356
10.1	13.8	565	.0066	451	659
13.8	18.5	699	.0067	496	1074
18.5	24.3	763	.0076	541	1319
24.3	31.6	709	.0103	573	1111
31.6	38.9	1671	.0044	653	8854

VALORE CALCOLATO VS30 = 567 m/s

PROVA SISMICA VS30

Gravellona

Geoarbor

Granerolo

VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA E4990 *Mw4*

All. 2	Febbraio 2010	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI