# INDICE

**1 PREFAZIONE 3**

***1.1 INTEGRAZIONE TECNICA (PARERE REGIONE LOMBARDIA PROT. Z1.2007.00 22884) 3***

**2 CAPITOLO PRIMO : INTRODUZIONE ALLA GEOLOGIA DEL TERRITORIO E METODOLOGIA DI ANALISI 4**

***2.1 PROCEDURA DI AGGIORNAMENTO STUDIO 5***
***2.2 RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO 5***
***2.3 METODOLOGIA OPERATIVA 7***
***2.4 IL TERRITORIO COMUNALE 8***
*2.4.1 Individuazione geografica dell'area di studio 8*
***2.5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE 9***
*2.5.1 Analisi territoriale generale: inquadramento geologico-strutturale 9*
*2.5.2 Depositi superficiali 11*
***2.6 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE-IDROGEOLOGICHE 13***
***2.7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO 14***
*2.7.1 Forme di degradazione dei versanti 14*
*2.7.2 Forme glaciali. 15*
*2.7.3 Forme torrentizie. 15*
*2.7.4 Forme Antropiche 15*
***2.8 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE 15***
*2.8.1 Caratteristiche climatiche 16*
***2.9 USO DEL SUOLO 19***
***2.10 EVENTO ALLUVIONALE DEL 2002 20***
***2.11 COERENZA FRA POLIGONI OMOGENEI DI SINTESI E DEFINIZIONE DELLA FATTIBILITÀ 22***

**3 CAPITOLO SECONDO : ANALISI DEL RISCHIO SISMICO 24**

***3.1 COMMENTO 25***
***3.2 ONDE SISMICHE: GENERALITÀ 25***
*3.2.1 Le onde di volume 26*
***3.3 CATEGORIE DEL SUOLO DI FONDAZIONE 30***

***3.4 METODOLOGIA E DEFINIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 32***
*3.4.1 Scenari di pericolosità sismica locale 32*
*3.4.2 Interventi attuativi: Classi di pericolosità sismica 32*

# 1 PREFAZIONE

Il territorio comunale dell'Unione dei Comuni della Valvarrone si estende nella parte Nord - orientale del Lago di Como, occupando ambienti geologici e morfologici discretamente omogenei.

Già oggetto di studio della componente geologica (1999 per Unione dei comuni e 2002 per il Comune di Sueglio, entrata a far parte dell'Unione solo in un secondo tempo) tale documentazione, è ora oggetto di aggiornamento ed integrazione, **per L'ANALISI DEL RISCHIO SISMICO di un territorio classificato in zona 4.**

Contestualmente,l'avvio del programma di predisposizione del nuovo Piano di Governo del Territorio comunale,oltre alla definizione della tavola di analisi del rischio sismico, ha comportato l'aggiornamento della precedente cartografia utilizzando gli indirizzi di natura sismica e geologica contenute nella delibera di Giunta Regionale relativi ai "**Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R 11 marzo 2005, n. 12"**

**Si è provveduto ad effettuare le indagini e considerazioni necessarie per proporre della Carta di pericolosità sismica locale con un necessario aggiornamento dei principali documenti cartografici integrando lo stesso con riferimento alla vigente nuova normativa, ovvero una nuova analisi territoriale volta non alla mera eventuale modifica della carta di fattibilità ma ad un critico esame ed aggiornamento di un documento a supporto del nuovo PGT.**

## *1.1 Integrazione tecnica (Parere Regione Lombardia prot. z1.2007.00 22884)*

**Ad integrazione del documento, si è provveduto al recepimento delle prescrizioni regionali, di cui al parere della Direzione Generale Territorio e Urbanistica del 13 nov. 2007, n. Z1.2007.00 22884.**

# UNIONE DEI COMUNI DELLA VALVARRONE

## Provincia di LECCO

*AGGIORNAMENTO INDAGINE GEOLOGICA*

*DI SUPPORTO AL*

*PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO*

## 2 CAPITOLO PRIMO : INTRODUZIONE ALLA GEOLOGIA DEL TERRITORIO E METODOLOGIA DI ANALISI

## *2.1 Procedura di aggiornamento studio*

Nei paragrafi seguenti è necessario definire:

1) *un breve cenno alla documentazione esistente*
2) *le tipologie/metodologie di integrazione attuate per l'aggiornamento dei documenti.*

Ad integrazione cartografica territoriale dell'Unione dei Comuni è stato predisposta la nuova tavola di pericolosità sismica.

Tale documento è necessariamente legato ai principali aspetti geologici, morfologici, idrologici, di fattibilità, ecc, già pianificati nella documentazione esistente.

L'avvio del procedimento di predisposizione del nuovo Piano di Governo del territorio, in attuazione della L.R 12/2005 ha portato ad una contestuale revisione dei principali documenti, ( la fattibilità è correlata alla pericolosità sismica locale) anche alla luce della necessaria integrazione dei documenti dell'ex comune di Sueglio, non presente nella prima stesura dello studio geologico dell'Unione dei Comuni della Valvarrone (1999).

Pertanto gli obiettivi del presente aggiornamento, oltre a quello di unificare il territorio, è anche quella di aggiornare i tematismi ed il regolamento geologico alla luce della nuove normative (es reticolo idrico minore) e le nuove conoscenze dovute ai recenti periodi alluvionali (2002).

## *2.2 Riferimento bibliografico*

Attualmente il territorio comunale dell'Unione e di Sueglio è supportato dallo Studio della componente geologica,; tale studio sono conformi alla pregressa normativa geologica ed approvato dalla Regione Lombardia.

I documenti a suo tempo redatti, attualmente in vigore , ed allegati a tale studio comunale, sono i seguenti:

Carta geologica e strutturale

Carta geomorfologia

Carta idrogeologica e del sistema idrografico

Carte geologico tecniche e della dinamica geomorfologia

Carta di Sintesi

Carta della fattibilità

Carta della vulnerabilità

Carta della fattibilità 1:5000

Carta geomorfologia dei dissesti (PAI)

- Relazione Geologico tecnica
- Relazione di adeguamento PAI

La predisposizione del nuovo Piano di Governo del Territorio, è stata l'occasione per aggiornare tale documentazione, nel rispetto delle nuove norme geologiche (L.R 12/2005); di conseguenza si è provveduto a redigere i seguenti aggiornamenti:

## ***DOCUMENTI DI AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA***

1) **Carta degli elementi geologici (1:10.000)**
2) **Carta degli elementi geologici-tecnici (1:10.000)**
3) **Carta di uso del suolo (1:10.000)**
4) **Carta degli elementi geomorfologici, e della dinamica geomorfologica (1:10.000)**
5) **A Carta degli elementi idrografici, idrologici ed idraulici (1:5.000)**
   **B Carta degli elementi idrografici, idrologici ed idraulici (1:5.000)**
6) **A Carta degli elementi idrogeologici (1:5.000)**
   **B Carta degli elementi idrogeologici (1:5.000)**
7) **Carta della pericolosità sismica locale (1:10.000)**
8) **A Carta di sintesi**
   **B Carta di sintesi**

**9) A Carta di fattibilità delle azioni di piano**

**B Carta di fattibilità delle azioni di piano**

**10) Carta dei vincoli**

**11) A Sovrapposizione carta di fattibilità con carta pericolosità sismica**

**B Sovrapposizione carta di fattibilità con carta pericolosità sismica**

**12) Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI**

**R1 Relazione geologica**

**R2 Norme geologiche**

### *2.3 Metodologia operativa*

Per lo studio di aggiornamento effettuato si è fatto riferimento allo standard di lavoro individuato nella sopracitata delibera e parere regionale, aggiornando la documentazione esistente mediate nuove indagine e prospezioni.

Quale nuova documentazione, non esistente attualmente nello studio depositato presso l'Amministrazione comunale è stata predisposta:

*a) Carta della Pericolosità sismica locale*

Operativamente i rilevi dirette nel territorio, le indagini geognostiche ed i monitoraggi territoriali, incrociate con la bibliografia di recente realizzazione (es reticolo idrico minore, interventi di difesa territoriale) hanno permesso di aggiornare lo studio esistente.

In particolare si è giunti alla ridefinizione della tavola di fattibilità geologica, che per gran parte conferma i precedenti indirizzi di pianificazione, apportando una rimodulazione con aumento di classe in alcuni settori comunali e rimodulazione di alcuni ambiti di pendio con fabbricati rurali da classe 4 a classe 3, a seguito delle valutazioni.

Ulteriore aggiornamento, con maggiore puntualizzazione delle problematiche, è stata attuata per le normativa geologica delle differenti classi.

## *2.4 Il territorio comunale*

In questo capitolo si esamina il territorio nell'ambito dei più significativi parametri utilizzati nell'indagine, informazioni di base che in parte non sono state oggetto di apposita cartografia ( anche se condensate all'interno dello studio condotto,) ma che hanno offerto un valido supporto alla definizione dei più importanti tematismi.

Sono indicati differenti paragrafi che riassumono anche i risultati delle precedenti indagini effettuate nel territorio ed utilizzate nella redazione del presente elaborato.

### *2.4.1 Individuazione geografica dell'area di studio*

L'Unione dei Comuni della Valvarrone (LC) è costituita dal Comune di Vestreno, dal Comune di Introzzo, dal Comune di Tremenico e dal comune di Sueglio. Il territorio in esame è ubicato nella parte Nord - orientale del Lago di Como; e più precisamente in corrispondenza del versante destro della Valvarrone. Confina ad Ovest con i Comuni di Dervio e Dorio (LC) a Sud con il Comune di Vendrogno e Bellano (LC) ad Est con il Comune di Pagnona (LC) ed a Nord con i Comuni di Colico (LC) e Piantedo (SO)

Il territorio dell'Unione, oltre che ad essere composto dai quattro sopracitati centri abitati (Vestreno, Introzzo, Tremenico, Sueglio) presenta una sola frazione, Avano, sita nel Comune di Tremenico e diverse località (Comun, Subiale, Monte Lavadee, Roccoli Lorla Fenile, Benago) oltre a importanti vecchi nuclei rurali siti in località Sueglio (Loco Toco, Sommafiume e Artesso abitati soprattutto nei mesi estivi e durante i fine settimana).

Come gran parte dei nuclei abitati dei versanti vallivi montani, anche il territorio dell'Unione dei Comuni della Valvarrone presenta un'urbanizzazione limitata e concentrata, interessando una minima parte del proprio territorio e con maggiore antropizzazione la dove la morfologia e/o la copertura superficiale ne hanno favorito lo sviluppo.

Il resto del territorio è costituito da versanti montuosi più o meno acclivi scarsamente o nullamente urbanizzati o interessati da piccoli nuclei rurali

In generale i problemi che investono il territorio riguardano essenzialmente le fasce di versante più acclivi ove sussiste un elevato rischio d'interferenza con le acque di scorrimento superficiale incanalate e non.

Le cause principale dei fenomeni di dissesto sono da ricercarsi da un lato nella scarsa manutenzione di piccoli corsi d'acqua che in occasione di piogge abbondanti causano smottamenti e fenomeni di debris-flow, e dall'altro dal mancato funzionamento (vedi ostruzione) dei sistemi di tombinatura e di drenaggio a bordo strade sovralimentando idricamente i versanti sottostanti.

Nel giugno 97, a causa di un eccezionale evento pluviometrico si sono verificati numerosi dissesti in corrispondenza di piccoli impluvi e dei versanti più acclivi dando origine a scivolamenti della coltre superficiale terrigena

Limitati settori sono interessati da processi di evoluzione morfologica con caduta massi in corrispondenza delle pareti rocciose più acclivi e fratturate.

## *2.5 Caratteristiche Geologiche*

### *2.5.1 Analisi territoriale generale: inquadramento geologico-strutturale*

La parte più settentrionale del territorio altolariano, al confine con la provincia di Sondrio, risulta essere geologicamente molto complicata in quanto si trova al confine tra i due principali domini strutturali che costituiscono la catena alpina: dominio sudalpino o alpi meridionali ed il dominio nordalpino. Questi due domini strutturali sono separati da un importante sistema di faglie ad andamento E-W noto come Lineamento Insubrico.

Il dominio settentrionale è ubicato a nord del Lineamento Insubrico ed è costituito da diverse unità strutturali rappresentanti le falde tettoniche delle Alpi: le unità del Pennidico e dell'Austroalpino. Geograficamente il dominio settentrionale occupa il settore a nord della Valtellina.

Il dominio meridionale è ubicato a sud del Lineamento Insubrico ed è costituito dalle unità strutturali delle Alpi Meridionali o Sudalpino. E' rappresentato geograficamente dal versante meridionale della Valtellina fino al bordo prealpino padano.

Nelle Alpi Centro-Occidentali il basamento Sudalpino (dominio dove si localizza l'area in esame) affiora essenzialmente lungo una fascia continua spessa 10-15 Km ed estesa lungo l'intero bordo meridionale della Linea Insubrica, dall'Adamello fino al Lago Maggiore.

Il basamento Sudalpino viene considerato dal punto di vista paleogeografico come un grande frammento del continente originariamente situato a S dell'oceano Ligure-Piemontese (paleoAfrica).

Quando si esaminano i caratteri litologici e metamorfici del dominio Sudalpino nel suo insieme, appare evidente che, procedendo da E verso W, le unità permiane poggiano su unità metamorfiche del basamento con grado che cresce nella stessa direzione.

La zona compresa tra il Lago di Como e l'Adamello prende il nome di Alpi Orobiche. Il basamento metamorfico, costituito da rocce metapelitiche (gneiss di Morbegno, micascisti di Edolo) di probabile età Paleozoica con ortogneiss, anfiboliti, quarziti, marmi e pegmatiti è localizzato nel settore più settentrionale di questa zona.

L'area rilevata appartiene alla porzione nord-occidentale delle Alpi Orobiche. Tale parte del dominio Orobico è limitata a N dal Lineamento Insubrico e nel suo settore meridionale dalle unità permo-Triassiche di copertura.

Nella letteratura specifica riguardante gli aspetti geologico-strutturali e tettonico-metamorfici dell'area nord-orientale del Lago di Como questa è stata suddivisa in due porzioni (Tahlawi, 1965 ; Bertotti et al., 1993):

1- La zona Dervio-Olgiasca.

2- La zona Monte Muggio.

Le due zone rappresentano due evoluzioni termo-meccaniche differenti che sono separate dalla Linea Lugano - Val Grande: faglia normale, listrica, che rappresenta una zona di shear attiva in regime estensionale, di età pre-Alpina riattivata durante le fasi dell'orogenesi alpina (Bertotti 1990; Bertotti et al., 1993).

I litotipi generalmente ad essa associati sono costituiti da pegmatiti, anfiboliti, marmi e rocce gneissiche contenenti biotite rosso-bruna, mica bianca, granato staurolite e sillimanite, che costituiscono la formazione "Gneiss di Morbegno"

Tale formazione costituisce il substrato roccioso dell'intera area in esame.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale dell'area, occorre segnalare la presenza di una frattura principale, coincidente con l'alveo del torrente ad Ovest della "Valle dei Molini",in località Sueglio, che dà origine ad un'area di crolli in roccia (tale area meriterà un'attenzione particolare nella suddivisione del territorio in classi di fattibilità geologica).

Altre fratture sono correlate a questo principale lineamento, la loro presenza non è certa, ma desunta dalla particolare incisione di alcune valli e dalla presenza di ammassi rocciosi particolarmente fratturati.

Il territorio dell'Unione dei Comuni della Valvarrone si trova inoltre compreso tra due faglie regionali di direzione E-W:

- Linea di Musso, sulla sponda orientale del Lago di Como passando a nord di Olgiasca;
- Linea Val Grande – Val Larga, che passando a sud della Valvarrone ha determinato la genesi di filoni albititici oggetto di uno sfruttamento minerario.

.

### *2.5.2 Depositi superficiali*

Per quanto riguarda i depositi di superficie nell'area in oggetto si possono distinguere ambiti deposizionali con caratteristiche completamente differenti.

#### *Depositi di origine glaciale*

Si tratta in generale di morene laterali, legate all'accumulo glaciale; nel territorio in esame compaiono in corrispondenza della zona di Sommafiume, Subiale e del monte Lavadee., quindi nella parte più settentrionale del territorio comunale.

Si tratta di terreni con coesione e attrito; in genere si osservano intercalazioni di orizzonti ghiaioso sabbiosi, con livelli più fini limosi, passanti ad argille.

La presenza di trovanti non presenta particolari problemi negli ambiti pianeggianti, mentre una certa cautela è da adottarsi nei tratti a maggiore pendenza.

Anche in questo caso lo scarico al suolo di acque (ad esempio piovane) può determinare l'insorgere di erosioni che aumentano l'instabilità dei versanti stessi.

Sono testimonianza delle ultime glaciazioni che hanno interessato la zona alpina e prealpina nell'era pleistocenica. Questi eventi hanno lasciato numerosi segni del loro passaggio: sezioni delle valli, massi erratici, rilascio tensionale degli ammassi. Nel territorio di Sueglio oltre ai già citati depositi morenici, un indizio di tale processo è costituito dalla presenza di rocce montonate.

### *Depositi eluviali*

Caratterizzano la maggior parte del territorio ricoprendo con spessori variabili il substrato roccioso. Gran parte dei centri abitati montani sono impostati sopra depositi di questo tipo, sia per la loro minore acclività, sia per le loro caratteristiche chimiche e fisiche ideali per lo sfruttamento agricolo.

Ai piedi di piccoli affioramenti rocciosi o all'interno di depressioni sono tipici accumuli colluviali derivanti dal rimaneggiamento di preesistenti depositi.

Rispetto alle coperture precedenti presentano una maggiore percentuale di matrice fine limosa ed i clasti presenti, di piccola dimensione, presentano uno scarso grado di arrotondamento.

Lo spessore medio si attesta su valori di 1-1.5 m.

### *Depositi detritici*

Caratterizzano il settore a N-E dell'abitato di Sueglio, il settore a N-W del Comune di Introzzo e quello posizionato a N-E del Monte Lavadee sono conseguenza delle già citate fratture e presentano una media colonizzazione da parte di piante e arbusti.

In genere si tratta di coltri di detrito sciolto con clasti di granulometria variabile, da centimetrica a decimetrica; la matrice terrigena, da scarsa a nulla, in genere è derivata dall'erosione di questi clasti.

Può essere considerato un valore medio di angolo d'attrito di circa 35°/38°, un peso di volume pari a 1.9-2 t/m$^3$.

### *Depositi alluvionali*

Questi risultano caratterizzare limitate porzioni del territori in corrispondenza dei principali corsi d'acqua (T.Varrone, V. dei Mulini, V. Vaniga, V. Rasghe).

La granulometria è estremamente variabile; in genere di tratta di depositi ghiaiosi ciottolosi, a volte sono presenti possibili accumuli fini, legati a processi di trasporto dal versante.

### *2.6 Caratteristiche idrologiche-idrogeologiche*

Il reticolo idrografico principale presenta un medio stadio di evoluzione, con alcune valli molto incise e ben gerarchizzate, mentre altre solo superficiali, con importante trasporto solido, e comunque in zone scarsamente o per nulla abitate.

L'asta torrentizia principale è rappresentata dal T. Varrone il quale non desta particolari preoccupazioni visto che scorre marginalmente al territorio dell'Unione.

Da un'osservazione attenta del territorio ci si può immediatamente rendere conto che mentre i centri abitati dei Comuni di Vestreno di Introzzo sono attraversati da numerose valli (rispettivamente v. Vidisello, v. Cerelin, v. del Buco, v. di Praa a Vestreno, e v. Craggio, v. della Portola, v. del Carsolo, v. del Roncaiolo, v. della Rorrè a Introzzo), nel Comune di Tremenico la Valle dei Mulini, la Valle Vaniga e la Valle Rasga, avendo delle portate e trasporto solidi decisamente maggiori rispetto alle valli sopracitate, sono situate marginalmente al centro edificato:

La mancata pulizia, l'assenza di adeguate opere di deflusso nonché i frequenti punti di ostruzione presenti ,unite con il difettoso funzionamento delle tombinature e dei canaletti di scolo lungo le sedi stradali di tutto il territorio dell'Unione dei Comuni rappresentano le problematiche di maggior interesse nell'area di versante, con effetti negativi sulle aree urbane.

La permeabilità dei terreni non è in genere molto elevata, questo dà origine a fenomeni di ruscellamento superficiale, soprattutto nei periodi di intense precipitazioni.

Si possono distinguere, nell'area in esame, tre principali intervalli di valori di permeabilità, associabili a diverse tipologie di substrato.

Permeabilità dei depositi superficiali da media a ridotta: caratteristica dei terreni a granulometria più grossolana ( morenici, detritici ) dove si ha infiltrazione essenzialmente per riempimento di vacuità intragranulari.

Permeabilità dei depositi superficiali da ridotta a molto ridotta: a causa delle modeste dimensioni dei clasti si ha una ridotta percolazione, aggravata dall'intenso sfruttamento antropico

Permeabilità del substrato lapideo da media a ridotta: generalmente lo Gneiss di Morbegno, e tutti i tipi di rocce metamorfiche, hanno una permeabilità molto scarsa in ordine ai processi che le hanno generate, il litotipo affiorante però risente degli effetti del passaggio delle glaciazioni: il rilascio tensionale ha espanso la roccia aumentandone i vuoti e di conseguenza la permeabilità.

## *2.7 Assetto geomorfologico*

Nella pianificazione urbanistica tale aspetto riveste un interessante ed importante ruolo.

Infatti non solo in tale contesto sono considerati i processi di modellamento della superficie (intesi come frane, erosioni,ecc.) che possono in qualche modo interferire direttamente o indirettamente con le aree di prossima urbanizzazione o già edificate, ma anche gli aspetti morfologici legati alla pendenza.

Quest'ultima oltre ad essere un fattore predisponente al dissesto idrogeologico, soprattutto nelle aree di maggior abbandono di vaste superfici montuose da parte dell'uomo, può determinare problematiche nella corretta progettazione degli interventi sul territorio.

Per quanto attiene alle forme di modellamento, ne viene di seguito riportata una breve descrizione, queste saranno poi meglio approfondite nella relativa cartografia;è inoltre importante ricordare che rappresentano un importante fattore che, sebbene non interferisca direttamente con le aree urbane del comune, rappresenta il problema di tutti i versanti dei bacini vallivi.

In generale si possono riconoscere:

- forme di degradazione dei versanti;
- forme glaciali;
- forme torrentizie;
- forme antropiche.

### *2.7.1 Forme di degradazione dei versanti*

Le forme dovute alla degradazione dei versanti sono rappresentate essenzialmente da corpi di frana, la cui genesi è dovuta a diversi fattori.

Il principale processo che dà origine a questi movimenti superficiali è legato alla presenza delle già citate fratture, la loro azione erosiva è stata favorita dal ritiro dei ghiacciai quaternari e dal conseguente rilascio tensionale dei versanti.

### *2.7.2 Forme glaciali.*

Le forme glaciali presenti nel territorio del comune sono costituite da depositi morenici e rocce montonate

In generale una morena laterale è caratterizzata da una ben precisa forma, allungata e stretta, talvolta con un elevato gradiente verticale; l'esposizione a fenomeni meteorici erosivi ha cancellato questa morfologia, lasciando come unica testimonianza di questo tipo di deposito la tipica granulometria ed eterogeneità dei clasti che lo compongono.

Le rocce montonate sono costituite da affioramenti rocciosi levigati e striati dall'azione dei ghiacciai. Il processo di levigatura si traduce in un' ammorbidimento delle forme dell'ammasso, che presentano una caratteristica morfologia a cuscino; le striature sono causate da ciottoli di modeste dimensioni trasportati contro l'ammasso alla base del ghiacciaio.

Tali forme sono osservabili lungo la cresta nord-occidentale del Monte Legnoncino.

### *2.7.3 Forme torrentizie.*

Le acque correnti ed in generale l'azione erosiva delle acque meteoriche incanalate hanno progressivamente sovraimpresso al paesaggio ed alle forme glaciali la morfologia fluvio-torrentizia e gravitativa attuale.

### *2.7.4 Forme Antropiche*

Non di meno le forme antropiche costituiscono un caratteristica saliente del territorio. Sono infatti presenti numerosi terrazzamenti realizzati per scopi insediativi ed agricoli, scarpate per sbancamenti stradali, canalizzazioni artificiali per la regimazione e lo sfruttamento delle acque superficiali.

## *2.8 Caratterizzazione ambientale*

Alcuni aspetti ambientali non sono stati presi direttamente in considerazione nelle cartografie allegate, al presente piano, anche se questi hanno rappresentano una informazione di base per lo sviluppo di altri tematismi.

Di seguito, nei prossimi capitoli, sono esaminati alcuni di questi aspetti che sono comunque sintetizzati nella individuazione delle aree di fattibilità geologica.

### *2.8.1 Caratteristiche climatiche*

Rappresentano un fattore molto importante; basti ricordare l'influenza delle precipitazioni( soprattutto se brevi ed intense) sul regime delle portate dei torrenti o delle sorgenti o nella stabilità dei versanti o nei processi di ristagno nelle aree di pianura.

#### *PRECIPITAZIONI*

In Provincia di Lecco le precipitazioni sono fortemente condizionate da caratteristiche locali, legate all'orografia, molto articolata, ed alla presenza dei bacini lacustri .

Le soglie proposte dalla Regione Lombardia dipendono dalla precipitazione media annua e risultano essere massime all'interno della fascia che dal Lago di Lugano si estende fino ai rilievi della Alta Media Val Brembana, secondo un andamento WWN-EES.

La piovosità decresce gradualmente verso nord creando una zona abbastanza uniforme (1500 mm/anno circa) nell'area dell'alto Lario.

Le precipitazioni diminuiscono ancora verso l'estremità Nord della provincia per raccordarsi rapidamente con i minimi registrati lungo la Valtellina ( a Morbegno e a Villa di Chiavenna si registrano le più basse precipitazioni).

La fascia dell' Alto Lago è caratterizzata da valori elevati in quanto risente del picco di piovosità che si colloca sopra Garzeno con valori che variano da 1400 mm/anno a 2000 mm/anno

Nel corso dell'anno, nel bacino Lariano si registrano due massimi di precipitazione stagionali: uno estivo (giugno-luglio) ed uno autunnale.

Nell'osservazione congiunta delle carte delle precipitazioni medie e delle precipitazioni intense delle Province di Lecco e Como possiamo giungere ad alcune considerazione di fondamentale importanza per determinare qualitativamente e quantitativamente le precipitazioni sull'area interessata dal progetto e per caratterizzare in seguito l'aspetto idrogeologico della zona.

Le precipitazioni medie e massime si trovano lungo la sponda occidentale del

Lago di Lecco con valori di precipitazione media annuale di 2197 mm/anno individuabili nella zona di Magreglio e più a nord, presso la stazione di Garzeno (2000 mm/anno) Nella stessa stazione si registrano i valori massimi annuali, 3312 mm/anno, e si evidenzia un massimo relativo di intensità di precipitazione per intervalli temporali limitati, fino a 6 ore e quindi caratteristici di precipitazioni a carattere temporalesco.

I minimi di piovosità annuale variano tra valori compresi tra 1000 e 1400 mm e si possono individuare nella fascia settentrionale, attorno al centro di Villa di Chiavenna e Morbegno nell'estremità nord-orientale del territorio a causa dell'ostacolo esercitato dalle catene montuose al passaggio delle perturbazioni.

Per quanto riguarda l'analisi puntuale dei fenomeni piovosi si è fatto riferimento ai dati di precipitazione rilevati nel comune di Colico (comune confinante a N) e riassunti nei grafici riportati di seguito.

Dall'analisi dei dati di pioggia dell'anno 2001 riportati nei grafici della pressione atmosferica media e delle precipitazioni totali giornaliere nelle stazioni di Colico si può evidenziare come l'anno 2001 è stato caratterizzato da abbondanti precipitazioni nel mese di marzo e nel mese di agosto.

Marzo è risultato il mese più piovoso sia in termini di giorni piovosi sia di pioggia cumulata. Nel mese di gennaio e ottobre, si sono avute le piogge più intense, soprattutto nell'area intorno a Colico, dove si sono raggiunti rispettivamente i 60 e 50 mm/gg di pioggia.

I mesi con le precipitazioni più scarse sono risultati essere novembre e dicembre nei quali si sono avuti un numero esiguo di giorni di pioggia (10 giorni) con dei massimi di precipitazioni di 10 mm/gg.

Sono stati inoltre esaminati i dati termometrici misurati dalla stazione di Premana nel periodo 1975-1980 (tab. 1) desunti dalla pubblicazione del 1986 "Il clima del gruppo delle Grigne " – A.Bini, e quelli rilevati dalla stazione ENEL della diga di Pagnona (fig. 3).

| | INVERNO | | | PRIMAVERA | | | ESTATE | | | AUTUNNO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **anno** | **max** | **min** | **med** | **max** | **min** | **med** | **max** | **min** | **med** | **max** | **min** | **med** |
| **1975** | \ | \ | \ | 17,8 | 7,6 | 12,7 | 23,3 | 13,7 | 18,5 | 13,3 | 7,9 | 10,6 |
| **1976** | 4,72 | -1,9 | 2,14 | 14,6 | 5,7 | 10,1 | 22,2 | 13,3 | 17,8 | 11,1 | 6,3 | 8,7 |
| **1977** | 4,6 | -2,4 | 1,1 | 12,3 | 5,2 | 8,8 | \ | \ | \ | 13,1 | 7,4 | 10,2 |
| **1978** | 3,4 | -0,31 | 0,2 | 9,4 | 2,4 | 6 | 20,3 | 10,9 | 15,6 | 12,9 | 5,1 | 9 |
| **1979** | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ |
| **1980** | \ | \ | \ | 10,6 | 2,5 | 6,6 | 18,3 | 9,2 | 13,8 | 13,3 | 5,5 | 9,4 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **75-80** | 4,4 | -2,2 | 1,1 | 12,9 | 4,6 | 8,7 | 21,2 | 12,3 | 16,8 | 12,7 | 6,6 | 9,6 |

***tab.1 – caratteristiche termiche stagionali – Stazione di Premana (LC).***

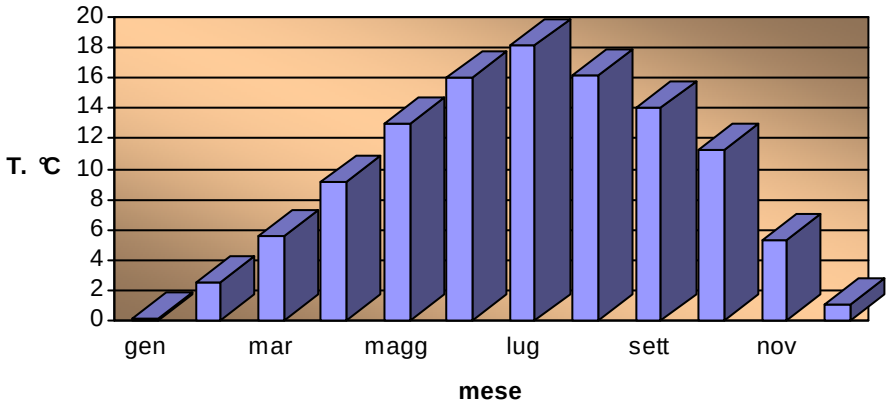



fig. 3 - Temperature medie mensili periodo 1976-1988 - diga ENEL Pagnona (LC)

Sulla base dei dati in possesso si può osservare che le temperature più rigide sono distribuite da novembre a marzo, coi i minimi in gennaio ed in dicembre. Nell'intervallo di tempo considerato si sono verificati mediamente 60 giorni di gelo in un anno, con valori massimi di oltre 80 giorni \ anno.

## *2.9 Uso del suolo*

Dal punto di vista geoambientale l'area in esame appartiene al Sistema Paesaggistico Prealpino Meridionale a cavallo tra i sottosistemi prealpino-gardesano-illirico e prealpino-insubrico-piemontese caratterizzato dalla presenza di montagne elevate al sistema intralpino-continentale (assenza di nevi perenni).

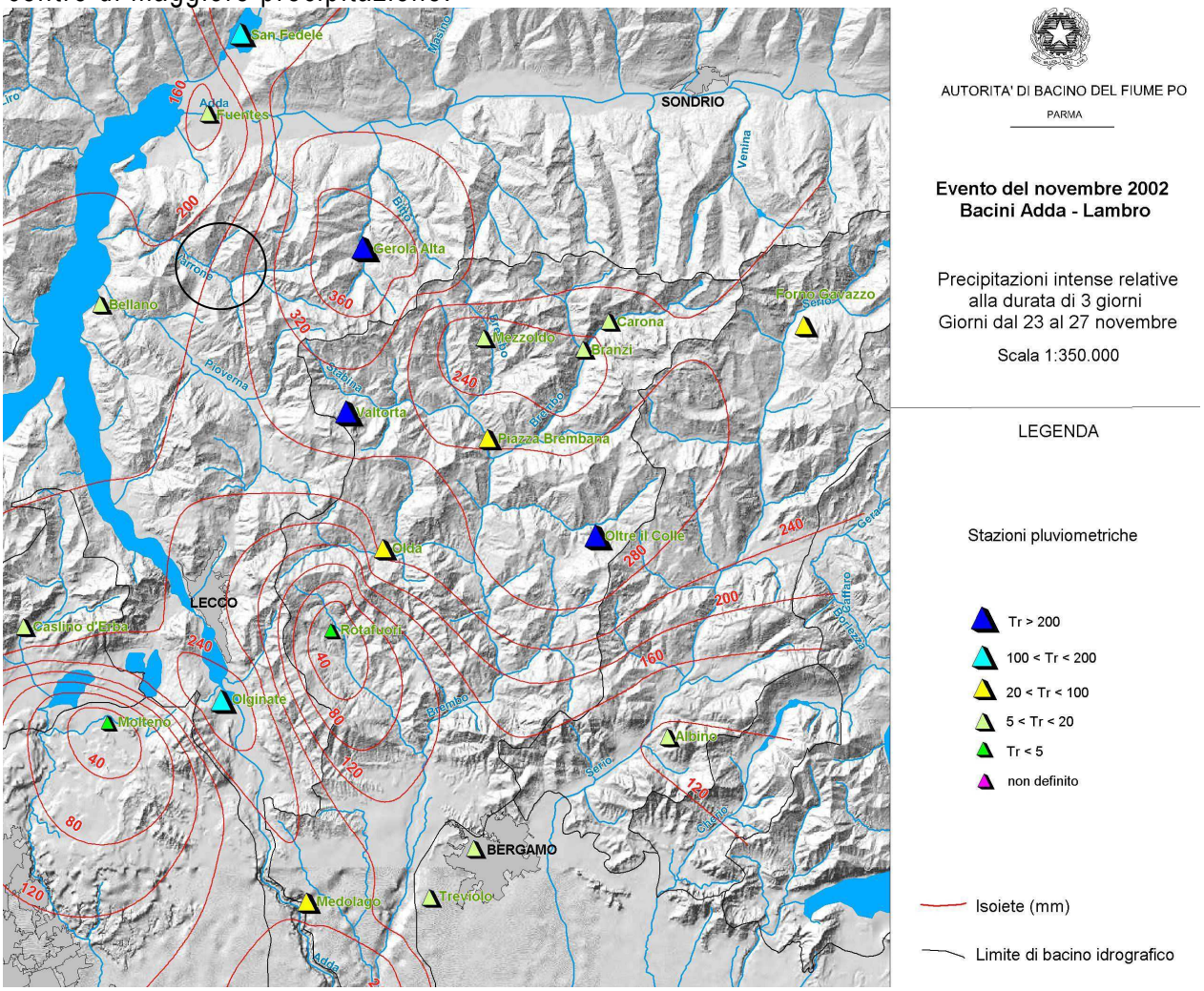
Il clima è caratterizzato da una sensibile continentalità anche se localmente mitigato dalle aree lacustri. Dal punto di vista floristico, questo sistema è tra i più ricchi d'Italia. Nelle aree in esame sono state osservate estese aree boschive, in cui le associazioni vegetali risentono fortemente dell'influenza antropica.

Sono infatti presenti boschi a latifoglie decidue con prevalenza di castagno, talora associato a carpino e betulla; e a quote più elevate, estesi boschi di conifere con prevalenza di larice ed abete rosso. Numerose sono le testimonianze di attività agricola recente, in cui si riconoscono coltivazioni della vite, del castagno e di alberi da frutto. Tali aree sono in gran parte in stato di abbandono e risultano interessate da una vegetazione arbustiva ed arborea eterogenea, fortemente antropizzata.

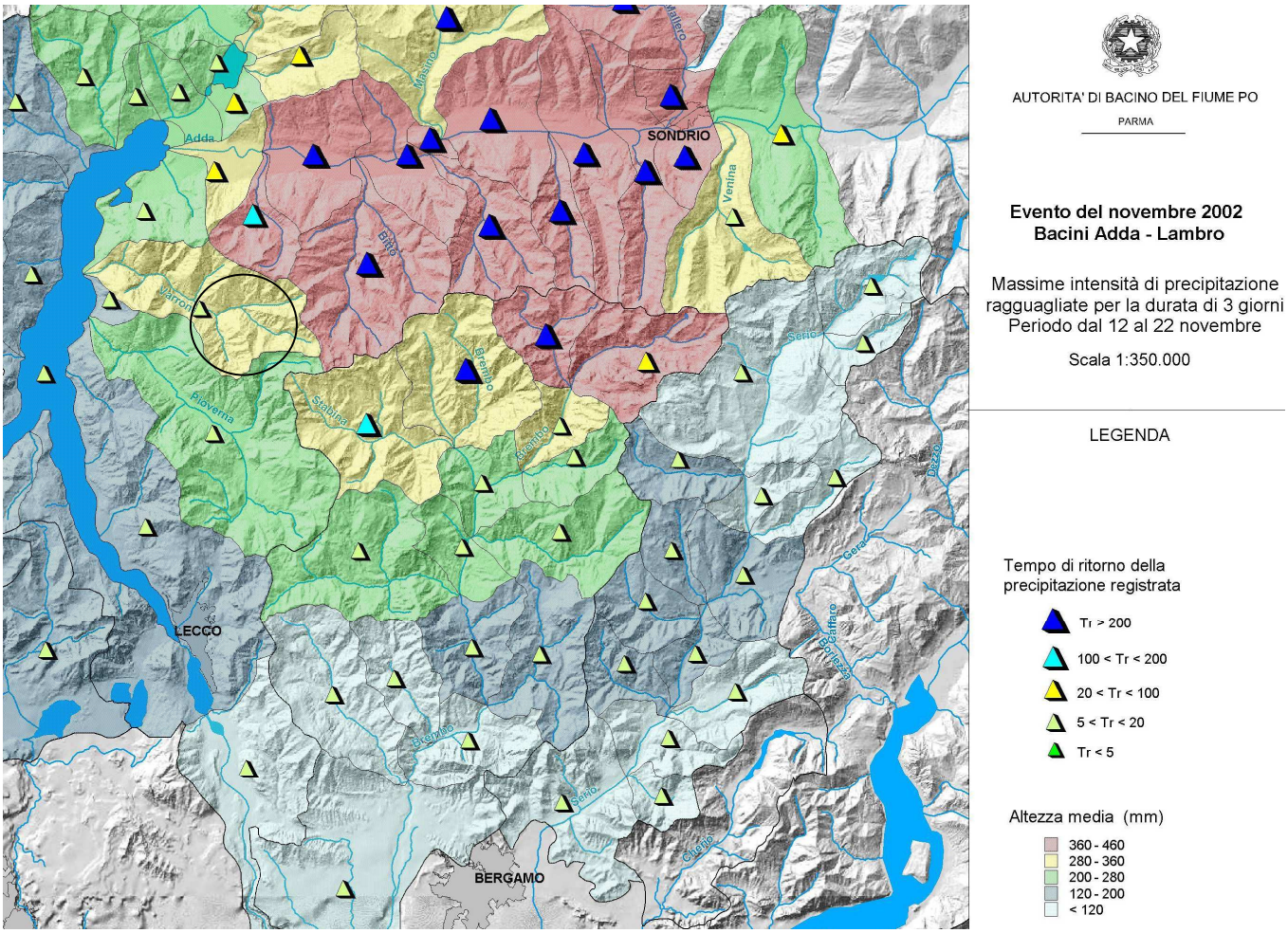
## *2.10 Evento alluvionale del 2002*

Nel novembre 2002, forti precipitazioni hanno particolarmente colpito il versante montuoso in cui si inserisce il con territoriale della Valvarrone.

Questo settore urbano, unitamente alla vicina Val Gerola, è stato interessato da abbondanti e intense piogge; nella loro intensità hanno attivato in generale piccoli scivolamenti superficiali, nei settori di maggiore pendenza e nell'ambito più prossimo al centro di maggiore precipitazione.




***estratto da Autorità dei Bacino F. Po.***




***estratto da Autorità dei Bacino F. Po.***

In particolare i settori di nuova interazione sono stati:

- **Loc.M.te Lavadee**

  - a) Innesco di movimento franoso a monte dell'abitato, sopra viabilità: Realizzate opere di contenimento. La situazione ora è stata stabilizzata mediante costruzione di muro tirantato che sostiene il pendio a monte della viabilità.

  - b) Piccolo dissesto a valle della loc. Monte Lavadee, in prossimità della strada comunale, con cedimento del bordo. Le acque sia di versante che

provenienti dalla stata hanno determinato processi di erosione. L'intervento di sistemazione è in fase di progettazione.

- **Strada Subiale – M.te Lavadee**

  a) Diramazione asse della Val Ciaret, in corrispondenza della viabilità. Temporanea ostruzione ed interruzione della sede stradale. Piccole aste vallive hanno creato limitati scoscendimenti di materiale lungo la viabilità comunale, determinandone una temporanea interruzione.

  b) Piccoli scivolamenti lungo la viabilità. Diffusi, nei punti di concentrazione delle acque

- **Loc. Introzzo**

  Trasporto di materiale a monte del nucleo, all'interno della Valle Portola. Processi frequenti in occasione di piogge; il materiale si è accumulato nella vasca di laminazione, prontamente svuotata.

-

### *2.11 Coerenza fra poligoni omogenei di sintesi e definizione della fattibilità*

Tale analisi, richiesta dalla Regione Lombardia, serve a chiarire alcune scelte inerenti differenti classi di fattibilità geologica applicate ad ambiti omogenei.

Nello specifico, il confronto permette di definire i seguenti aspetti:

**"aree potenzialmente instabili"**

Presenti sul territorio in differenti ambiti, ricadono essenzialmente in classe 4 .

Solo piccoli settori sono in classe minore (3) per una differenziazione che sostanzialmente tien conto di:

1) Minore o maggiore spessore della copertura (es. strada Subiale – Artesso)
2) Presenza o meno di arre con substrato subaffiorante (es Loc. Introzzo,Sommafiume)
3) Morfologia variabile, con maggiore o minore pendenza del versante (es. Sommafiume)

**"frane di crollo"**

Sono quasi totalmente cartografate in classe 4.

Solo un modesto lembo, a valle di Avano, presenta una classe 3. In questo settore la morfologia di minore acclività consente di ridurre la classe.

# UNIONE DEI COMUNI DELLA VALVARRONE

## Provincia di LECCO

*AGGIORNAMENTO INDAGINE GEOLOGICA*

*DI SUPPORTO AL*

*PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO*

# 3 CAPITOLO SECONDO : ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### *3.1 COMMENTO*

E' il nuovo documento introdotta dalla L. 12/95.

Gli effetti del potenziale di accelerazione sismica sono legato sia alla natura geologica che al grado di evoluzione geomorfologica ( instabilità) del territorio.

Nel merito del territorio in esame, l'ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, entrata in vigore, per gli aspetti di classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005 (coincidente con l'entrata in vigore del d.m 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni") la classificazione definisce un ambito, per il comune di Gera Lario, di Zona 4

In riferimento all'attuazione dell'OPCM n. 3274 del 20/03/2003, (*primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica* ) successivamente integrato e ripreso con il decreto del Ministero del 14 del settembre 2005, "*Norme tecniche per le costruzioni*" e succ . modifiche, il presente documento definisce la possibile azione sismica dei terreni interessati dal programma d'intervento in esame.

Tra i numerosi aspetti innovativi, le norme di riferimento prevedono, per quanto riguarda l'aspetto legato all'amplificazione dei terreni in relazione all'azione sismica, la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico, definendo cinque differenti tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m. di terreno (Vs30).

Infatti, per parametrizzare i livelli di pericolosità locale ad ogni categoria di suolo viene assegnato un fattore di accelerazione sismica; il livello di protezione antisismica è comunque anche differenziato in funzione dell'importanza delle costruzioni, le quale devono essere costruiti secondo precisi criteri di verifica e dimensionamento.

### *3.2 ONDE SISMICHE: generalità*

Esistono tipi diversi di onde sismiche.

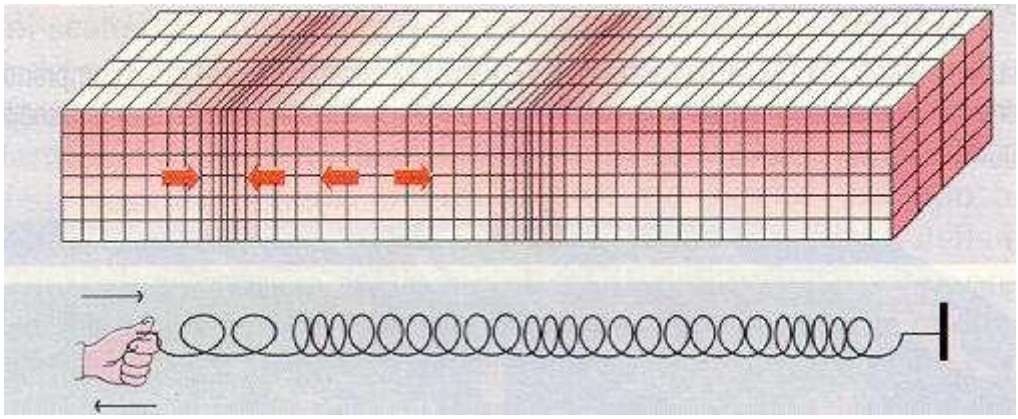
Quando avviene un terremoto, l'energia accumulata dalle rocce si libera in parte sotto forma di onde sismiche che si propagano all'interno della Terra.

Le onde che si propagano all'interno della Terra sono dette "onde di volume".

I due tipi principali sono le onde P e le onde S, chiamate anche "*onde profonde*".

### *3.2.1 Le onde di volume*

Le onde P (o Primarie) sono le più veloci. Esse si propagano come le onde sonore nell'aria. Sono infatti anche dette "longitudinali" perché fanno oscillare le particelle di roccia che attraversano parallelamente alla loro direzione di propagazione. In sostanza, al loro passaggio, le rocce si comprimono e si dilatano continuamente. Queste onde raggiungono una velocità compresa tra 4 e 8 Km al secondo.



Onde P (Primarie) viaggiano a velocità compresa tra 4 e 8 Km/s.

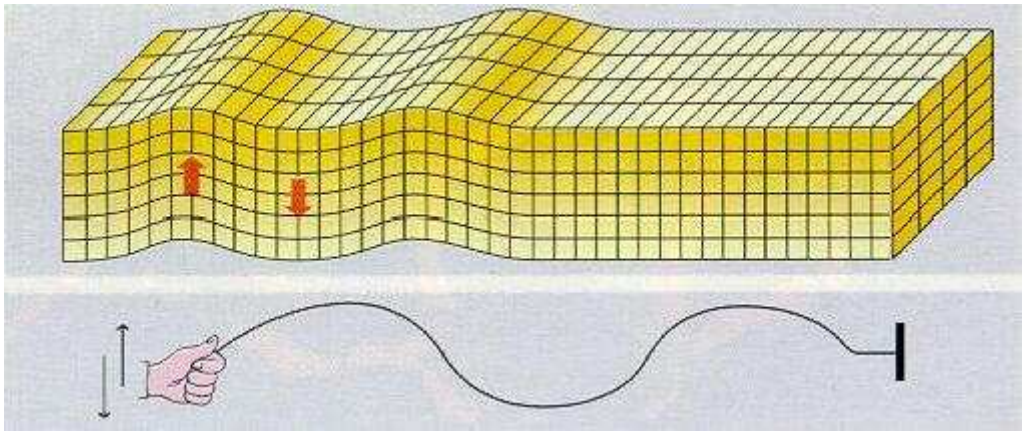
La **Onde P** sono delle onde di corpo di compressione (o longitudinali). Come dice la parola stessa, questo tipo di onde sono molto simili alle onde acustiche, in quanto corrispondono a compressioni e rarefazioni dl mezzo in cui viaggiano, al loro passaggio le particelle di terreno oscillano in avanti e indietro nella stessa direzione di propagazione dell'onda.:

Le onde S (o Secondarie) viaggiano più lentamente delle "P".

Nelle registrazioni sismiche le onde S seguono sempre alle onde P perché la loro velocità è molto minore (da 2,3 a 4,5 Km al secondo).

L'oscillazione delle particelle di roccia che attraversano avviene trasversalmente rispetto alla loro direzione di propagazione.

A differenza delle onde P, le onde S non causano variazioni di volume al loro passaggio e non si propagano nei fluidi.



Le onde S (Secondarie) più lente delle P, viaggiano alla velocità tra 2,3 e 4,5 Km/s.

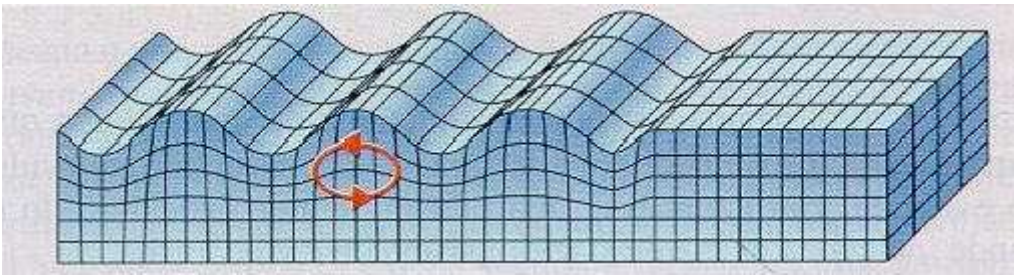
**Le Onde S** sono onde di corpo che si oscillano perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione. Possono essere immaginate come le onde che si propagano su una corda che viene fatta oscillare. Un'importante caratteristica di queste onde è che non possono propagarsi in mezzi fluidi, come ad esempio il magma presente nel nucleo esterno della terra oppure l'acqua degli oceani. Questa caratteristica è importante nei casi dello studio della composizione della terra.

Quando le onde P e le onde S raggiungono un qualsiasi punto della superficie terrestre, allora comincia a propagarsi concentricamente un'onda superficiale più lenta delle "onde di volume".

I due tipi di onde superficiali principali sono: Le onde di Rayleigh e Le onde di Love.

Le onde di Rayleigh assomigliano a quelle che si propagano quando un sasso viene lanciato in uno stagno.

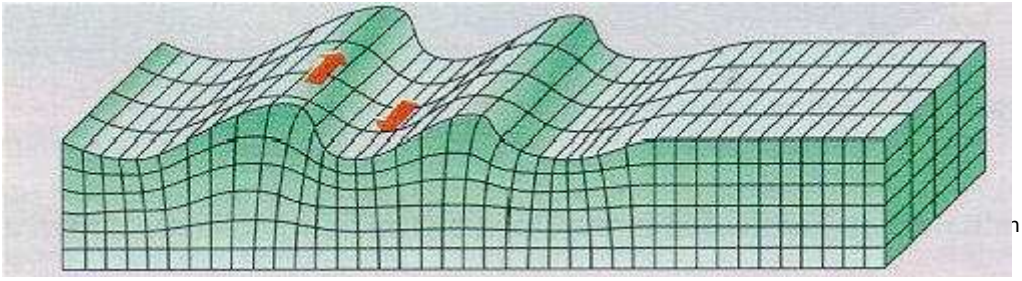
Esse fanno vibrare il terreno secondo orbite ellittiche e retrograde rispetto alla direzione di propagazione.



Le onde superficiali di "Rayeligh" producono uno *scuotimento sussultorio* del terreno.

**Le onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale.**

Il movimento delle particelle attraversate da queste onde è trasversale e orizzontale rispetto alla direzione di propagazione delle onde.



no.

Sono le onde che si propagano in superficie ad essere responsabili dei danni più rilevanti.

L'intensità dei danni che un terremoto può provocare è fortemente legata alla struttura geologica vicina alla superficie.

Considerevoli *amplificazioni dell'ampiezza* dello scuotimento del terreno si verificano se la velocità (e la densità) degli strati superficiali è più bassa rispetto alla velocità e densità del materiale che sta al di sotto.

L'esperienza degli anni più recenti ha mostrato che in presenza di eterogeneità della geologia locale si possono osservare variazioni dello scuotimento fino ad un fattore dieci entro distanze anche di solo 10-100 metri.

Questi effetti rivestono particolare importanza nelle aree urbane dove, durante i terremoti, i danni maggiori tendono talvolta a concentrarsi in zone dove complessi fenomeni di diffrazione e di interferenza delle onde sismiche possono produrre localmente amplificazioni rilevanti del moto del suolo

Per amplificazione locale s'intende il fenomeno di potenziamento dell'effetto del sisma, dovuto alle differenze che si riscontrano tra la situazione reale e quella del semplice modello di riferimento. Consultando il modello e conoscendo la morfologia del terreno, si possono ragionevolmente prevedere gli effetti di un terremoto *"aggiustando"* i dati del modello in funzione della tipologia del suolo e di conseguenza progettare costruzioni che possano sopportare il sisma.

L'analisi dei danni causati dal terremoto ha più volte evidenziato l'importanza primaria della morfologia del terreno sull'amplificazione locale, soprattutto quando un terreno deformabile costituisce il riempimento di un avvallamento roccioso (effetto catino) ed in presenza di pendii e creste (focalizzazione delle onde).

L'importanza di tale problematica è confermata dal diverso grado di danni prodotto da terremoti su costruzioni limitrofe simili, ubicate su terreni di diverse caratteristiche.

Il tipo di terreno sotto una struttura ne influenza decisamente il comportamento.

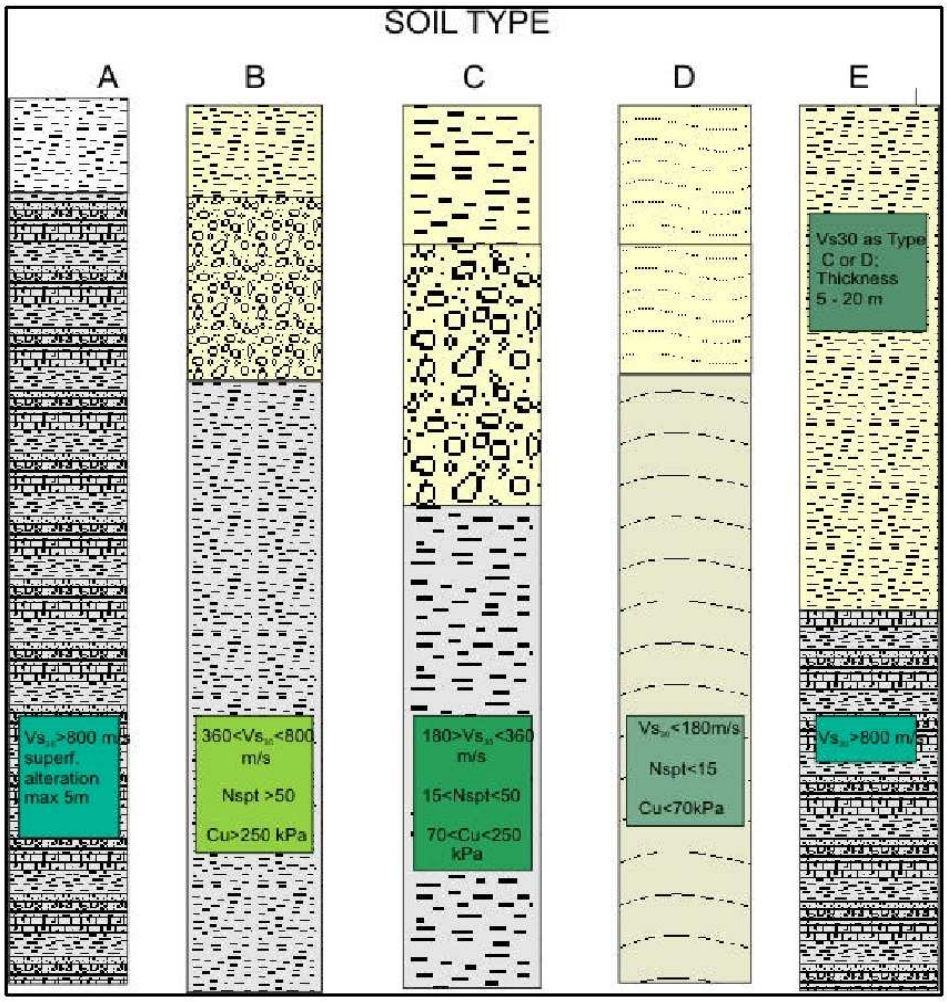
**In parole povere, quando le onde sismiche passano dalle rocce profonde al terreno superficiale e quest'ultimo è costituito da depositi alluvionali, tali onde potenziano (ampliano) il loro effetto distruttivo che risulta essere anche decuplicato rispetto a quello prodotto su terreno roccioso.**

**In alcuni eventi si è osservato che edifici limitrofi, distanti anche solo qualche decina di metri, avevano subito danni evidentemente differenti. Lo studio del terreno ha rivelato che gli edifici posti su depositi alluvionali erano quelli che avevano subito danni notevolmente maggiori rispetto ad altri edifici limitrofi ma costruiti su terreno di natura rocciosa.**

### *3.3 CATEGORIE DEL SUOLO DI FONDAZIONE*

In riferimento al programma d'intervento in analisi, dopo la necessaria introduzione tecnica attinente l'azione di un'onda sismica, si passa alla descrizione del sito geologico ove è programmato l'intervento in esame.

L' attuazione dell'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche definisce 5 categorie di suolo di fondazione:




***Principali categorie del suolo secondo l'O.P.C.M 3274/03***

Nel rispetto dell'applicazione delle norme, sono state ulteriormente definite , nel territorio italiano, 4 zone con differente valori di accelerazione orizzontale $a_g$ , così definito:

| zona | accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [$a_g$/g] | accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [$a_g$/g] |
|---|---|---|
| 1 | > 0,25 | 0,35 |
| 2 | 0,15-0,25 | 0,25 |
| 3 | 0,05-015 | 0,15 |
| 4 | <0,05 | 0,05 |

Aree con Instabilità:

- Z1a: Zona caratterizzata da fenomeni franosi attivi
- Z1b: Zona caratterizzata da fenomeni franosi quiescenti
- Z1c: Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana
- Z2- Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti

Aree con amplificazioni topografiche

- Z3a: Zona di ciglio H>10m
- Z3b: Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo

Aree con cedimenti e amplificazioni litologiche

- Z4c: Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

## *3.4 Metodologia e definizione della Carta della pericolosità sismica locale*

Ricadendo in zona sismica 4 la metodologia di studio è di 1°livello, ovvero riconoscimento delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base delle osservazioni geologiche e dei dati esistenti.

In tale carta sono definite le aree che in relazione alle differenti situazioni sono in grado di determinare gli effetti sismici locali.

### *3.4.1 Scenari di pericolosità sismica locale*

La proposta, formulata nel documento, definisce sostanzialmente i precedenti ambiti di potenziale effetto sismico:

### *3.4.2 Interventi attuativi: Classi di pericolosità sismica*

La definizione degli scenari di pericolosità definisce anche la classe di pericolosità sismica, ovvero:

Aree con Instabilità:

- Z1a: Pericolosità H2 – livello di approfondimento 3°
- Z1b: Pericolosità H2 – livello di approfondimento 3°
- Z1c: Pericolosità H2 – livello di approfondimento 3°
- Z2- Pericolosità H2 - Livello di approfondimento 3°

Aree con amplificazioni topografiche

- Z3a: Pericolosità H2 - Livello di approfondimento 2°
- Z3b: Pericolosità H2 - Livello di approfondimento 2°

Aree con cedimenti e amplificazioni litologiche

- Z4c: Pericolosità H2 - Livello di approfondimento 2°

**Nel merito della zonazione definita, ricadendo il territorio comunale dell'Unione dei Comuni della Valvarrone in zona sismica 4, nel caso di opere e/o costruzioni strategiche e rilevanti, ai sensi della D.g.r 14964/2003 o per scelta dell'Amministrazione comunale, dovranno essere attuate in fase di progettazione i livelli di approfondimento definiti, ovvero volti alla definizione della Fa ( Fattore di amplificazione sismico)**

Prata C.,luglio 2007

***INTEGRAZIONE NOVEMBRE 2007***

Dott. Geol.
Depoli Claudio