

Maggio-Agosto 2015

gm 55



Rivista Ufficiale dell'Ordine dei Geologi delle Marche



GEOLOGI MARCHE

Risorse per il territorio e la sostenibilità ambientale

SOMMARIO

IL PUNTO DEL PRESIDENTE

Andrea Pignocchi 2

PROFESSIONE

Determinazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio per la caratterizzazione sismica di sito: analisi multi-componente per una corretta e completa interpretazione dei dati e ricostruzione del profilo Vs

Giancarlo Dal Moro, Andrea Alessandrini,
Francesco Bassano, Marco Basso Fin 3

PROFESSIONE

Indicazioni tecnico-operative in applicazione della LR 23/11/2011 n. 22 della Regione Marche (parte prima)

Enzo Franchini 12

PROFESSIONE

Caratteristiche meccaniche degli aggregati di origine calcarea

Ugo Sergio Orazi, Marco Orazi 25

ATTIVITA' DEL CONSIGLIO

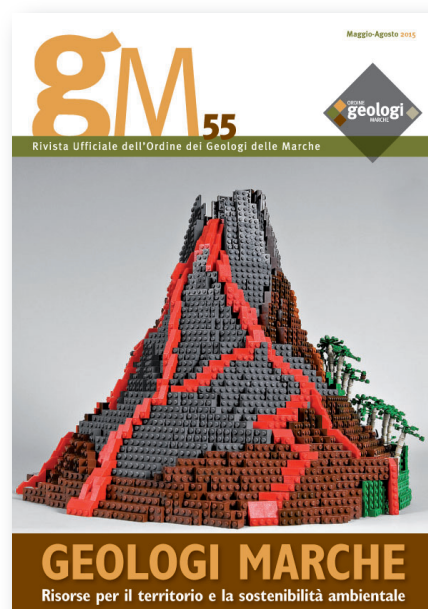
Escursione al Sasso Simone e Simoncello "Geologia, natura ... confronto"

Cesare Bisiccia 30

ATTIVITA' DEL CONSIGLIO

Giornata sui Geo rischi ad Ancona li (ri) conosco, mi difendo

Paola Pino d'Astore 31



Periodico quadrimestrale edito dall'Ordine dei Geologi delle Marche registrato al Tribunale di Ancona al n. 11/08 del 09/05/2008

Composizione Consiglio:

Andrea Pignocchi	<i>Presidente</i>
Sara Prati	<i>Vice Presidente</i>
Cinzia Marucci	<i>Segretario</i>
Daniele Mercuri	<i>Tesoriere</i>
Cesare Bisiccia	<i>Consigliere</i>
Michele Gliaschera	<i>Consigliere</i>
Fabio Lattanzi	<i>Consigliere</i>
Marco Materazzi	<i>Consigliere</i>
Paola Pia Pino D'Astore	<i>Consigliere</i>
Filippo Piscaglia	<i>Consigliere</i>
Fabio Vita	<i>Consigliere</i>

Direttore Responsabile:

Andrea Pignocchi

Direttore di Redazione:

Fabio Lattanzi

Comitato di Redazione:

Andrea Pignocchi, Sara Prati, Cinzia Marucci, Daniele Mercuri, Cesare Bisiccia, Michele Gliaschera, Fabio Lattanzi, Marco Materazzi, Paola Pia Pino D'Astore, Filippo Piscaglia, Fabio Vita

Comitato scientifico:

Piero Farabollini
Gilberto Pambianchi
Mario Tramontana

Pubblicità:

Ordine dei Geologi delle Marche
60121 Ancona - Corso Garibaldi, 28
Tel. 071 2070930

Impaginazione:
Tecnoprint New srl Ancona

N° 55 Anno XIX - 2015

Cari colleghi,

ci accingiamo a votare per l'elezione del CNG che si troverà di fronte un lavoro impegnativo, da svolgere con passione, dedizione e grande spirito di servizio. Senza individualismi o ambizioni personali, ma solo centrando nel mirino il bene supremo della categoria.

I geologi marchigiani chiederanno al prossimo Consiglio Nazionale di lavorare affinché il geologo acquisisca un elevato peso assoluto nel panorama delle professioni; svolgendo un'azione che spinga i governi ad adottare una concreta politica di prevenzione e di difesa del territorio e dell'ambiente, negli interessi generali del cittadino e come opportunità di crescita economica.

Molto è stato fatto, molto altro c'è da fare, anche con i necessari correttivi. A Gianvito Graziano, Presidente uscente e non più candidato, va un sentito grazie, per il grandissimo impegno profuso, la dedizione totale alla causa e la capacità di dare, finalmente, visibilità alla categoria, non solo tramite i mass media, ma soprattutto con un costante operato verso le istituzioni. Questo è il filo conduttore da seguire con continuità nell'operato e perseveranza.

Alcuni dei temi che proponiamo all'attenzione del prossimo CNG, su cui è necessario impegnarsi per uscire da una crisi che sta seriamente mettendo in discussione la sopravvivenza della nostra categoria, riguardano:

1) MODIFICA del DPR 328

La crisi ormai duratura dell'edilizia ha necessariamente determinato per il geologo un profondo mutamento lavorativo. Non è più pensabile che la nostra categoria possa reggersi sul comparto dell'edilizia. Diversi sono i settori che devono vederci sempre più protagonisti. Ne cito solo alcuni: bonifica di siti inquinati, piani paesaggistici, energia, pianificazione territoriale, discariche ecc.. Per il raggiungimento di tali obiettivi un passaggio chiave deve essere la modifica del DPR 328/01 che introduca più chiaramente queste competenze, con il ruolo di progettisti e non solo di consulenti.

2) FORMAZIONE - UNIVERSITA' - PROFESSIONE E PROFESSIONALITA'

Il raggiungimento di determinati obiettivi lavorativi per la nostra categoria professionale passa, non può essere diversamente, da una profonda revisione del piano di studi nelle Università. Le competenze citate al punto 1), che noi rivendichiamo come nostre e che ci siamo costruiti con l'esperienza, non vengono trattate affatto nelle Università o vengono trattate in modo molto marginale.

3) FORMAZIONE - APC

Premesso che l'APC non può sostituirsi al Corso di Laurea, neanche in parte, perché sono due cose profondamente diverse, c'è da dire che il percorso virtuoso che ha portato i geologi per primi all'obbligo dell'aggiornamento professionale deve essere ulteriormente rilanciato, creando le condizioni per un APC di qualità. Diversamente si corre il rischio che diventi un mercanteggiamento di crediti.

4) DECRETO PARAMETRI

E' un punto nodale. Intorno a questo si imbattono quotidianamente i professionisti. Ci sono molti aspetti che vanno affrontati e sui quali bisogna fare una incisiva campagna politica. Se è un bene che anche i geologi siano stati inseriti nel così detto decreto parametri, c'è da dire che su alcuni punti le cose per noi non funzionano. L'esempio della sismica è eclatante, se ne possono fare anche altri. E' fondamentale fare ogni sforzo per rimediare a alcune lacune che ci mettono in difficoltà.

5) FONDAZIONE DEL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

Istituita dal CNG precedente, con la presidenza De Paola, deve essere posta nelle condizioni di svolgere un ruolo molto più incisivo. Per esempio affidandogli i compiti di controllo sui bandi pubblici, assegnandogli un ruolo rispetto alle opportunità offerte dai fondi europei, realizzando le condizioni per una crescita culturale della geologia.

6) RAPPORTI CON EPAP

Qui occorre una profonda trasformazione. In passato non c'è stato mai dialogo, nulla di più sbagliato. E' necessario che ci sia condivisione e fusione fra il lavoro politico del CNG e l'EPAP, non solo con il CdA ma anche, anzi soprattutto, con il CIG.

Infine, non mi resta che augurare a chi sarà chiamato, con l'espressione di un voto libero, a condurre il CNG nel quinquennio 2015-2020, un buon lavoro, pieno di risultati e di soddisfazioni per tutta la nostra categoria.

Il Presidente dell'Ordine dei Geologi delle Marche
Andrea Pignocchi

Determinazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio per la caratterizzazione sismica di sito: analisi multi-componente per una corretta e completa interpretazione dei dati e ricostruzione del profilo V_S

Giancarlo Dal Moro - *Eliosoft.it (Udine, Parco Scientifico e Tecnologico L. Danieli)*

Contatto: gdm@winmasw.com

Andrea Alessandrini - *Studio Geologico Associati AB Geo - Tolentino (MC)*

Contatto: studiogeologico.abgeo@gmail.com

Francesco Bassano - *Studio Basso Fin Marco - Aviano (PN)*

Marco Basso Fin - *Studio Basso Fin Marco - Aviano (PN)*

Abstract. Nel contesto progettuale delle verifiche geotecniche e strutturali, la determinazione del profilo verticale di V_S (velocità delle onde di taglio) ha assunto in questi ultimi anni una sempre maggiore rilevanza, anche in relazione alle esigenze legate alla Normativa Tecnica per le Costruzioni che ha di fatto recepito le indicazioni dell'Eurocode8. La conoscenza delle tecniche di indagine utili ad una corretta determinazione del profilo verticale V_S assume quindi un peso di carattere non unicamente tecnico ma anche legislativo, determinando conseguentemente responsabilità che dovrebbero essere sostenute da specifiche competenze nel settore della Geofisica Applicata. In questo articolo vengono brevemente affrontate alcune delle problematiche insite nell'analisi della propagazione e dispersione delle onde di superficie (tecnica MASW) e del rapporto spettrale H/V che, quando non adeguatamente comprese e considerate, possono facilmente portare ad errate ricostruzioni dell'andamento della V_S nel sottosuolo.

Keywords: MASW, onde di superficie, onde di Rayleigh, onde di Love, dispersione, attenuazione, HVSR, onde sismiche, analisi congiunta, inversione di dati sismici

INTRODUZIONE

Gran parte delle analisi volte alla determinazione delle caratteristiche sismiche di sito viene fatta attraverso indagini geofisiche di superficie. Possibilità di raggiungere le profondità d'interesse, facilità d'esecuzione, robustezza del metodo ed economicità sono alcune delle caratteristiche che stanno rendendo una serie di tecniche fondate sull'analisi della propagazione delle onde di su-

perficie sempre più utilizzate anche a fini geotecnici. Tra queste, attualmente quelle di più frequente utilizzo sono senz'altro le cosiddette indagini MASW ed HVSR.

A dispetto della loro oramai ampia diffusione, va certamente posto in evidenza come molto spesso si assista all'utilizzo di tali tecniche senza una conoscenza sufficientemente approfondita delle limitazioni e delle difficoltà che ne caratterizzano l'utilizzo, adottando spesso assunzioni semplicistiche che rischiano di condurre a errate ricostruzioni del sottosuolo e, conseguentemente, a soluzioni progettuali/ingegneristiche parimenti inadeguate.

L'acronimo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) è oramai divenuto piuttosto popolare ma una corretta lettura ed interpretazione degli spettri di velocità di fase necessita di un elevato grado di specializzazione legato proprio alla fenomenologia della dispersione e dell'attenuazione del segnale sismico. La propagazione delle onde di superficie può infatti avvenire attraverso una complessa distribuzione di energia tra modi; ad esempio, brusche variazioni superficiali delle V_S sono spesso responsabili di spettri di velocità piuttosto complessi, e quindi difficili da interpretare.

In primo luogo è fondamentale sottolineare come qualsiasi metodologia, sismica e non, sia inevitabilmente caratterizzata da un certo grado di ambiguità tecnicamente nota come *non-univocità* (vedi Scales et al., 2001; Dal Moro, 2012); solamente un approccio congiunto (l'utilizzo di più *datasets*/metodologie poi analizzate all'interno dello stesso strumento di lavoro/analisi) evita di incorrere in problemi interpretativi e/o soluzioni inadeguate. Successivamente, attraverso l'illustrazione

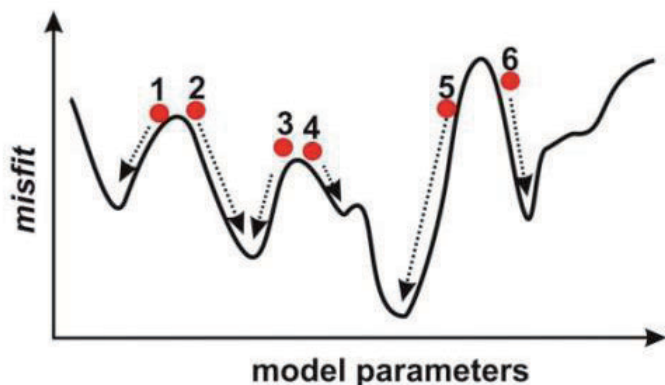


Figura 1 - Inversione di dati: rappresentazione schematica del problema causato dalla presenza di minimi locali. Qualora si utilizzino algoritmi di inversione basati sul gradiente, differenti modelli di partenza (cerchi numerati) forniranno soluzioni finali differenti.

di alcuni *dataset* sintetici, di evidenziare come l'attenuazione possa giocare un ruolo fondamentale nella distribuzione dell'energia tra i diversi modi.

Contrariamente a diverse semplicistiche assunzioni spesso proposte, questi fattori sono influenti al punto da celare in parte o del tutto il modo fondamentale dallo spettro portando, se mal interpretati, ad errori grossolani nella valutazione delle caratteristiche sismiche e geotecniche di sito.

Parallelamente, il rapporto spettrale H/V (HVSr - *Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio*), tradizionalmente utilizzato per l'individuazione di possibili frequenze di risonanza di sito, vengono in alcune regioni italiane talvolta utilizzate per ricostruire il profilo di V_S senza robusti vincoli geofisici trascurando l'elevato grado di non-univocità ed ambiguità di cui tale dato soffre in relazione a fatti di seguito brevemente ricordati.

NON UNIVOCITÀ E INVERSIONE DI DATI NELLE TECNICHE MASW E HVSr

I metodi di inversione che consentono ricavare un modello del sottosuolo sono tradizionalmente basati sull'utilizzo della matrice *giacobiana* (vedi ad esempio Scales et al., 2001) e sono di conseguenza inevitabilmente affetti da problemi legati alla presenza di minimi locali della funzione obiettivo. La Figura 1 riporta uno schema per così dire concettuale che illustra come, affidandosi a questo approccio, cambiando il modello di partenza si ottengono di fatto diverse soluzioni finali. Negli ultimi anni, allo scopo di risolvere tali problematiche, sono stati proposti schemi di inversione (o meglio ottimizzazione) detti *global search* (Yamanaka, 2005). Tali metodi possono teoricamente gestire in maniera più efficace il processo di inversione/ottimizzazione non risultando limitati, nel loro svolgersi, da minimi locali. Il termine *global search* sta infatti proprio ad indicare il fatto che la ricerca del miglior modello è svolta secondo delle procedure "globali" che prescindono dalla presenza di minimi locali. Essi non costituiscono comunque la "soluzione finale" del problema, in quanto l'equivalenza dei modelli si riflette in una sorta di *principio di indeterminazione* del modello reale (non-univocità della soluzione).

Per visualizzare questo aspetto si riportano due esempi relativi tanto all'analisi della dispersione delle onde di superficie svolte secondo l'analisi delle velocità di fase (tecniche MASW, ReMi, SPAC e ESAC) che, successivamente, all'analisi delle curve HVSr.

In Figura 2 sono riportati una serie di modelli V_S con le rispettive curve di dispersione modali (per i primi tre modi) delle onde di Rayleigh e Love.

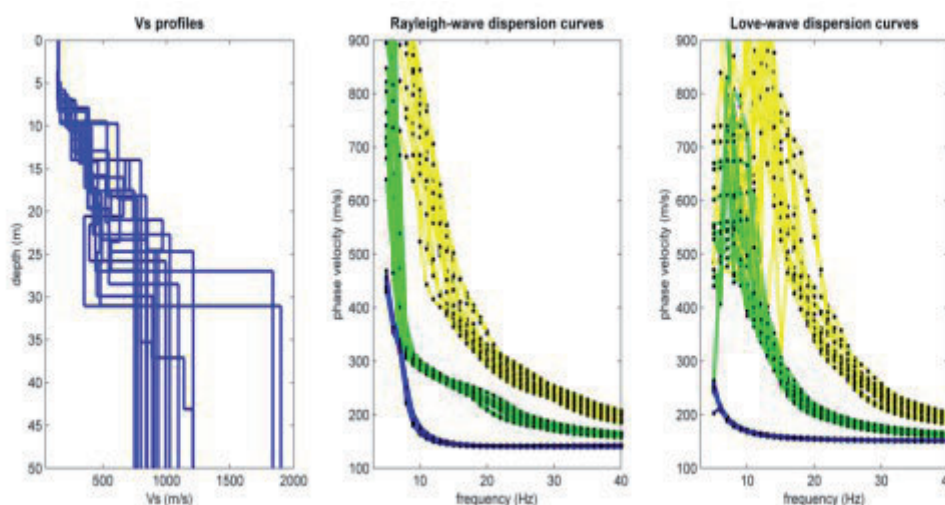


Figura 2 - Non univocità nelle onde di superficie: serie di profili V_S con curve di dispersione delle velocità di fase per i primi tre modi per le onde di Rayleigh e Love (vedi testo).

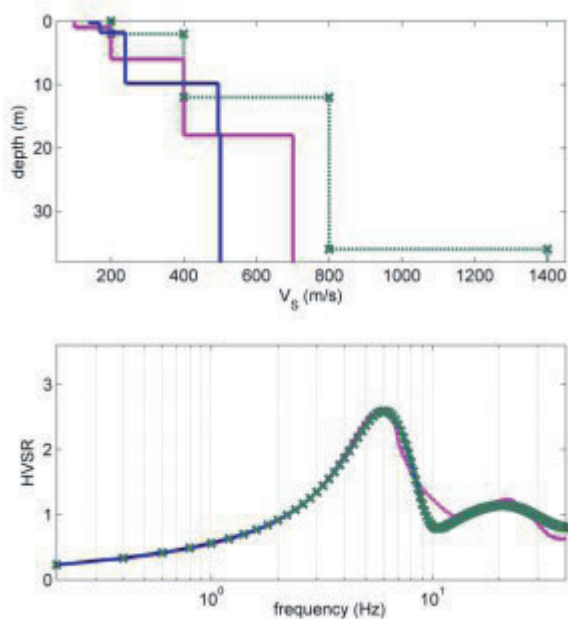


Figura 3 - Esempio di non-univocità nel rapporto spettrale H/V: i tre modelli V_S sopra riportati mostrano di fatto le medesime curve HVSr.

Sono diverse le osservazioni che si possono fare:

- i valori di V_S risultano univocamente definiti fino alla profondità di circa 8 m;
- all'aumentare della profondità si riscontra un notevole incremento dell'incertezza (la massima profondità di penetrazione delle curve considerate risulta di circa 30-45m - vedi *steady state approximation* - Dal Moro, 2012);
- i valori di V_S risultano in un intervallo di valori ragionevolmente limitato (272÷330 m/s, ovvero $\pm 10\%$);
- i modelli riportati possono essere considerati in buona misura come equivalenti in termini di curve di dispersione modali, in quanto queste risultano molto simili (in particolare per il modo fondamentale).

Riguardo all'analisi delle curve HVSr i pesanti problemi legati alla non-univocità sono sintetizzati dall'esempio riportato in Figura 3 in cui si può notare come tre modelli completamente differenti abbiano di fatto la medesima curva HVSr.

Va da sé che la lettura di una curva H/V non può naturalmente prescindere dal corretto riconoscimento di possibili picchi antropici/industriali o effetti direzionali legati a strutture più o meno evidenti o ad una complessa topografia.

A questo si deve aggiungere l'importanza dell'utilizzo di un'adeguata strumentazione (Tasic e Runovc, 2010) e l'adeguata valutazione di possibili variazioni meteo-sta-

gionali del dato stesso, determinato, lo ricordiamo, da una moltitudine di sorgenti non controllate (naturali e antropiche/industriali) le cui caratteristiche variano nel tempo.

A titolo di esempio, in Figura 4 sono riportate due curve HVSr relative allo stesso sito ma acquisite in giornate diverse: è palese come gli andamenti risultino significativamente dissimili (per ulteriori esempi vedi ad esempio Albarello, 2006, Tanimoto et al., 2006; Dal Moro, 2012). D'altro canto, l'unico approccio in grado di dirimere qualsiasi ambiguità è condurre quindi ad una corretta definizione del modello di sottosuolo è quello congiunto, cioè l'analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e del rapporto spettrale H/V.

In effetti, la dispersione delle onde di superficie può essere determinata sia tramite acquisizioni multicanale (vedi tecniche MASW, ReMi, SPAC e ESAC) che tramite analisi delle velocità di gruppo ricavabili dall'analisi di dati (di sismica attiva) determinati anche da un singolo geofono (vedi ad esempio Dziewonsky et al., 1969; Dal Moro, 2014).

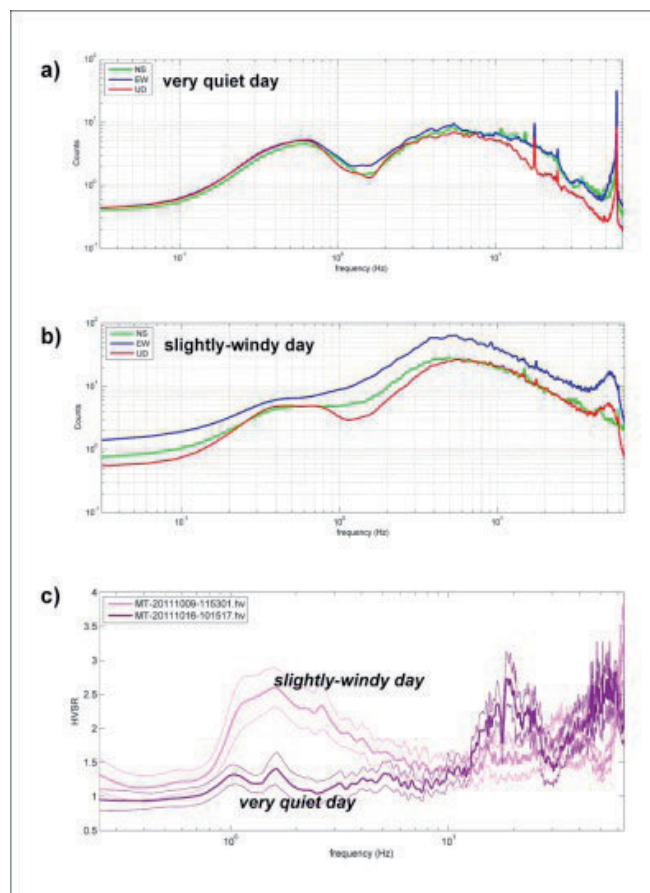


Figura 4 - Esempio di variazioni del rapporto H/V determinato sul medesimo sito al variare delle condizioni meteorologiche (acquisizioni eseguite ad una settimana di distanza l'una dall'altra in località Piediripa - Comune di Macerata).

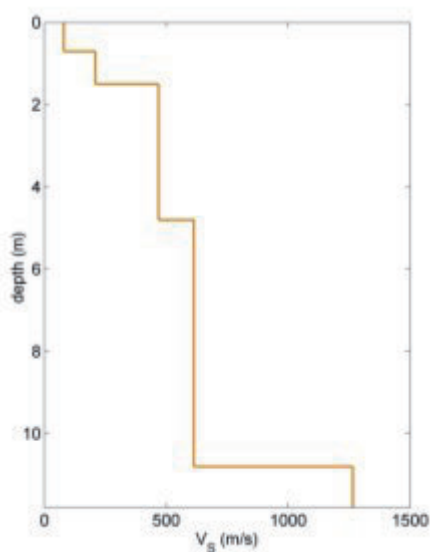


Figura 5 - Modello di velocità (onde di taglio) considerato per il computo dei sismogrammi sintetici.

DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA TRA MODI IN INDAGINI MASW: DISPERSIONE E ATTENUAZIONE

La presenza di diversi modi di propagazione delle onde di superficie è un aspetto cruciale non sempre sufficientemente compreso e considerato in fase di analisi del dato. L'energia associata a ciascun modo è essen-

zialmente determinata dal tipo di sorgente sismica, dalla sua distanza rispetto ai ricevitori (cioè i geofoni) e, naturalmente, dalla successione stratigrafica locale (cioè dal locale profilo V_s). Inoltre, il modo in cui i vari modi risultano più o meno evidenti dipende anche dal tipo di componente indagata.

Le acquisizioni sismiche possono infatti essere realizzate con diverse combinazioni sorgente-ricevitori. Allo scopo di illustrare cosa questo può implicare, si è considerato un modello di sottosuolo (Figura 5) per il quale - tramite *modal summation* (Herrmann, 2003) - si sono calcolati i sismogrammi sintetici.

Le principali componenti considerabili per le più comuni applicazioni sono 5. Per le onde di Rayleigh si parla di componenti RVF, ZVF, REX e ZEX, mentre per le onde di Love ci si riferisce alla componente THF. La nomenclatura adottata è quella di Herrmann (2003): la prima lettera indica il tipo e l'orientamento dei geofoni (Z: verticale, R: orizzontale radiale, T orizzontale trasversale), mentre la seconda e terza lettera indicano il tipo di sorgente (VF: forza verticale, EX: esplosivo, HF: forza orizzontale/trasversale).

Gli spettri di velocità relativi ai sismogrammi sintetici computati si riferiscono a due casi: per il primo (Figura 6) si è considerato il mero caso elastico, mentre nel se-

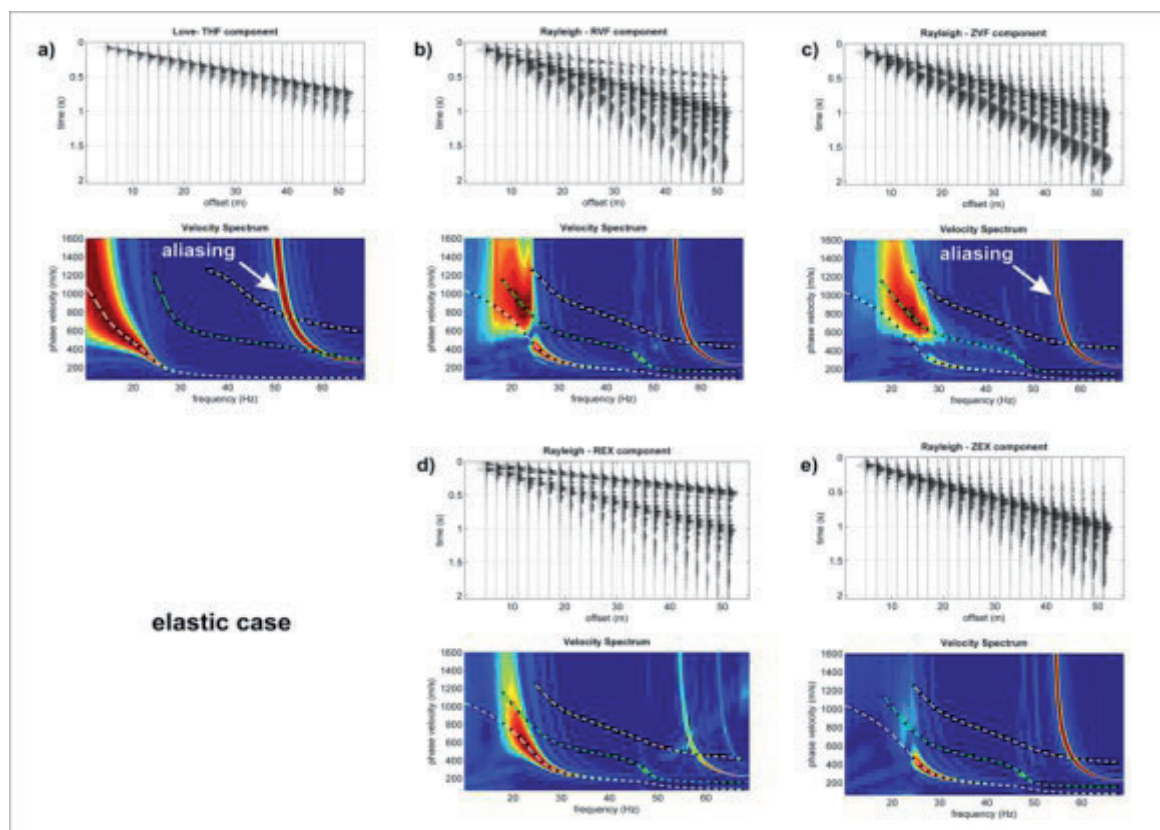


Figura 6 - Caso elastico: dataset sintetici (tracce normalizzate) per il modello riportato in Figura 5. In sovrapposizione agli spettri di velocità di fase sono riportate le curve di dispersione modali.

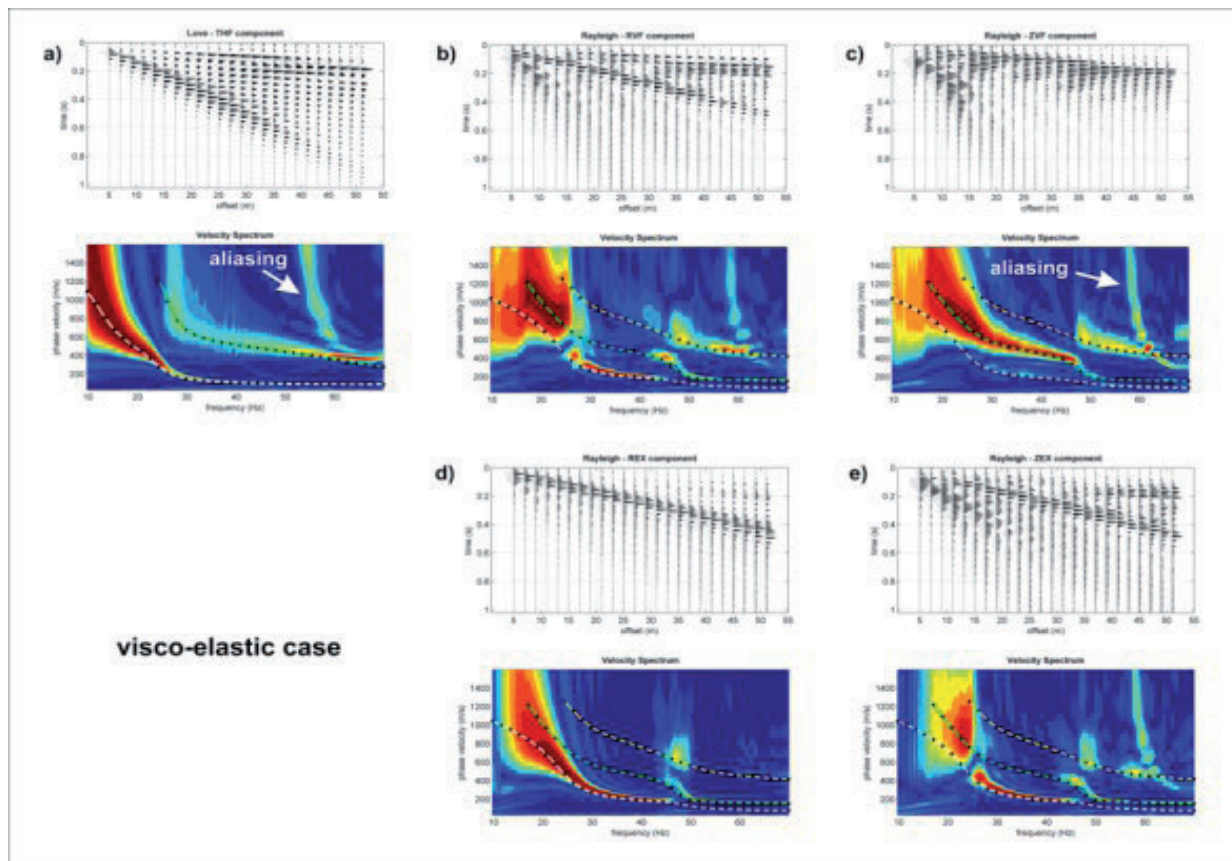


Figura 7 - Caso visco-elastico ($Q_S=V_S/5$; $Q_P=2Q_S$): dataset sintetici (tracce normalizzate) per il modello riportato in Figura 5. Sovrapposte agli spettri di velocità di fase sono riportate le curve di dispersione modali teoriche.

condo si è andati ad introdurre una certa attenuazione (Figura 7) avvicinandoci così a situazioni reali (rocce e sedimenti sono ben lontane da un comportamento elastico).

Come si può chiaramente osservare, l'introduzione di una componente viscosa (cioè dell'attenuazione) deter-

mina una non trascurabile variazione nella distribuzione di energia tra i modi di propagazione, accentuando quelli superiori (sul ruolo dell'attenuazione rispetto ai modi di propagazione delle onde di superficie vedi ad esempio anche Panza, 1989).

In generale quasi tutte le componenti mostrano un in-

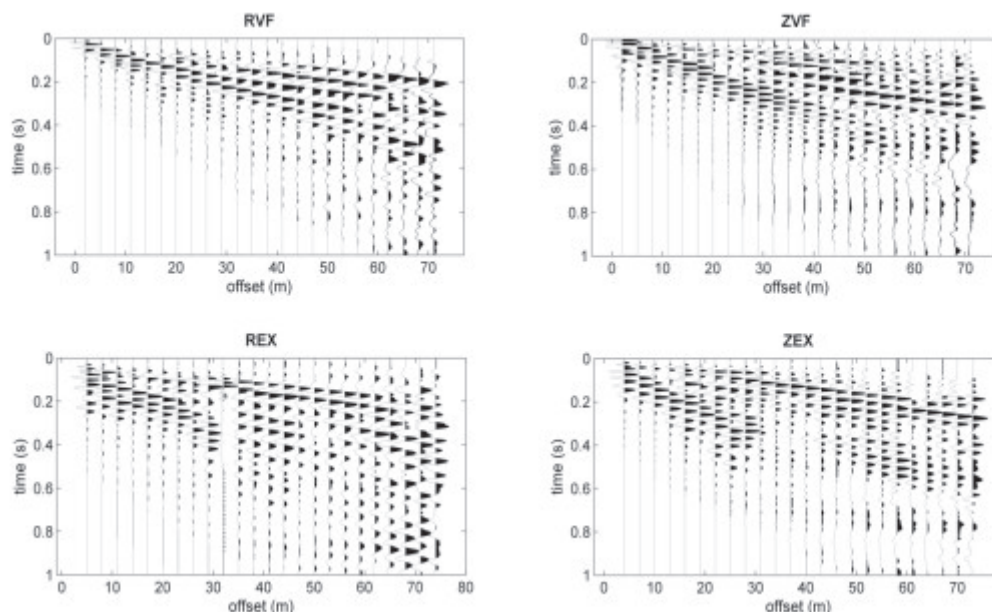


Figura 8 - Onde di Rayleigh: le quattro componenti considerate. RVF e ZVF sono rispettivamente le componenti radiale (R) e verticale (Z) ottenute considerando una sorgente ad impatto verticale (Vertical Force - VF) mentre REX e ZEX sono la componente radiale e verticale ottenute considerando una sorgente esplosiva (EX), che in questo caso era costituita da un fucile sismico.

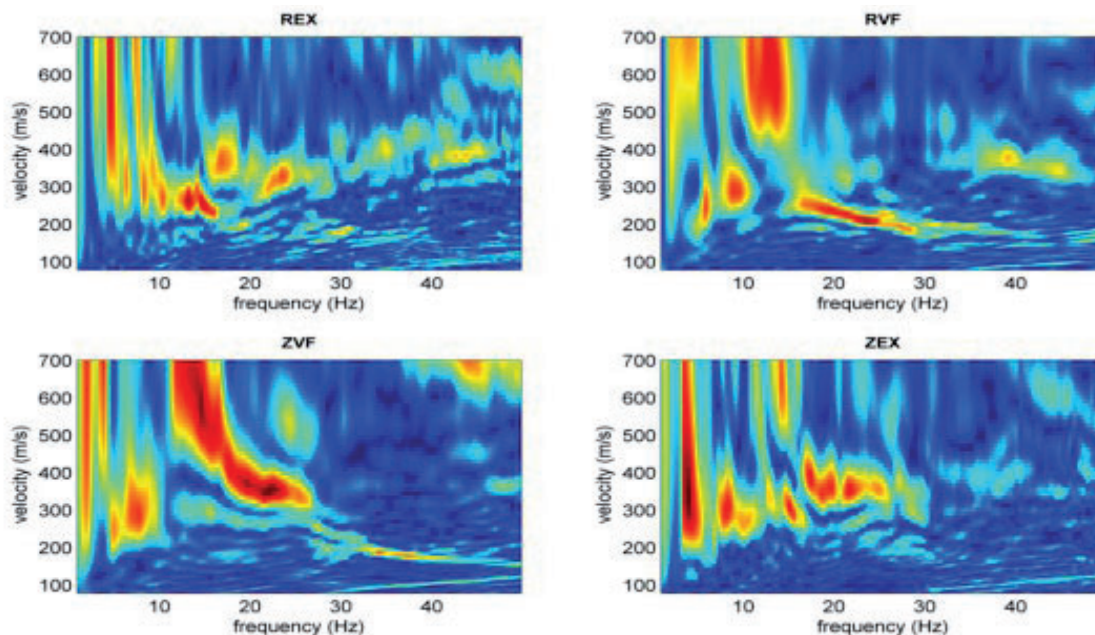


Figura 9 - Onde di Rayleigh: spettri di velocità per le quattro componenti considerate.

cremento di energia nei modi superiori ma, nel caso considerato, tale incremento risulta decisamente più evidente per le onde di Rayleigh. La componente che in questo caso subisce le variazioni più importanti è la ZVF, in altre parole la classica acquisizione fatta utilizzando una sorgente ad impatto verticale e geofoni verticali. In questo caso, infatti, rispetto ai modi superiori il modo fondamentale scompare praticamente del tutto (vedi Figura 7c).

Risulta chiaro che avendo a che fare con un sito dalle caratteristiche analoghe a quello del caso sintetico qui considerato (ma questo è solamente un esempio degli infiniti possibili modelli “problematici”), se si procedesse ad una MASW considerando unicamente i geofoni verticali (componente ZVF), si rischierebbe di interpretare il primo modo superiore come modo fondamentale, an-

dando di conseguenza a identificare un modello V_S del tutto errato. Ma è da sottolineare con forza come, parlando di onde di Rayleigh, non si possa in nessun modo definire una componente universalmente migliore (intesa come quella di più semplice comprensione in termini di curve modali) rispetto ad un'altra (si ricordi come le onde di Love hanno una sola componente).

UN CASO STUDIO

Sulla base delle evidenze teoriche illustrate nel precedente paragrafo, in questa sezione vengono presentate alcune analisi svolte considerando un dataset particolarmente ricco e complesso acquisito nel territorio comunale di Civitanova Marche (località Santa Maria Apparente). Considerate le complesse caratteristiche del dato in esame, si è reso necessario l'utilizzo del-

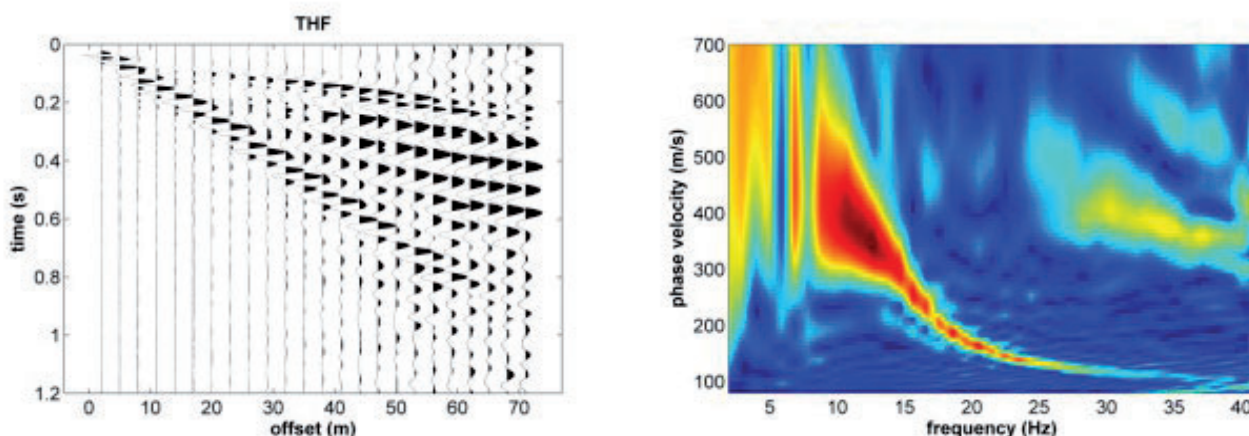


Figura 10 - Onde di Love (componente THF): tracce di campagna e relativo spettro delle velocità.

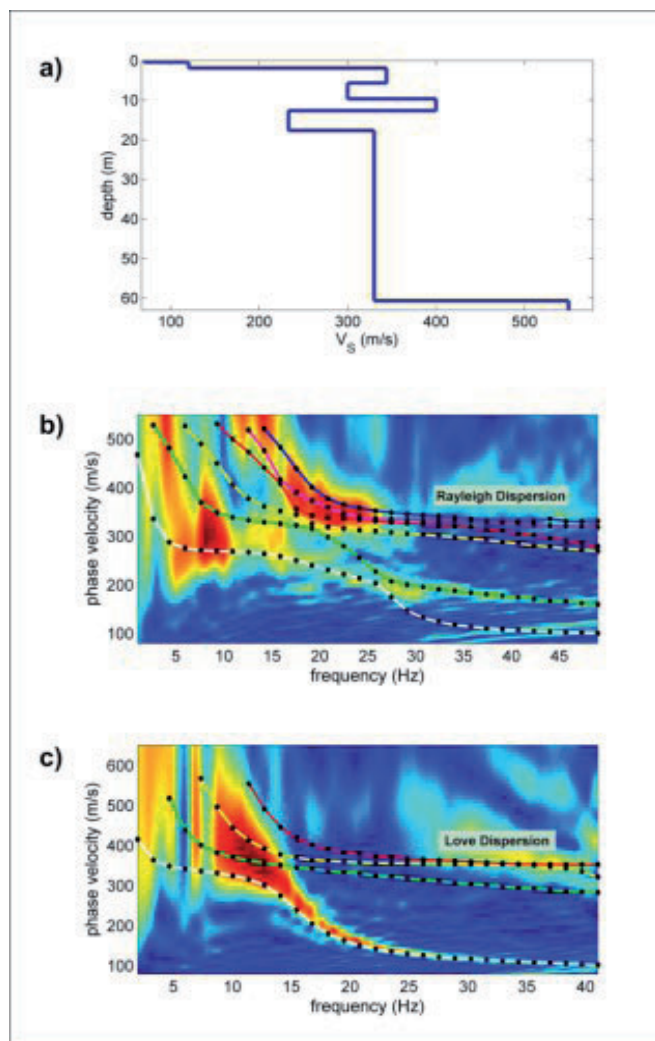


Figura 11 - Modello V_S proposto (a) e spettro delle velocità osservato per le onde di Rayleigh (b) (spettro medio delle quattro componenti considerate) e onde di Love (c). Sovrapposte le curve di dispersione modali del modello proposto. Si valutino gli spettri di velocità di fase riportati nelle Figure 12 e 13.

l'approccio *Full Velocity Spectrum* (FVS) (vedi Dal Moro, 2012 e Dal Moro et al., 2014) considerando tanto le onde di Rayleigh (nelle loro componenti radiale e verticale) che di Love. In breve, l'approccio FVS consente di invertire l'intero spettro di velocità di campagna senza dover passare attraverso una fase di interpretazione (che può essere errata) dello stesso in termini di curve modali.

Il sito in esame è caratterizzato da una formazione pelitica dalle scarse proprietà geomeccaniche ricoperta da pochi metri di suolo. Nelle acquisizioni sono stati utilizzati sia geofoni verticali che orizzontali, energizzando sia tramite mazza che esplosivo (fucile sismico). I dati relativi alle onde di Rayleigh sono presentati nelle Figure 8 e 9 (componenti RVF, ZVF, REX e ZEX).

Per motivi di spazio e considerando che nell'ambito dell'analisi delle onde di superficie le acquisizioni con fucile

sismico non sono di *routine*, nel seguito si considereranno solamente le componenti ZVF, RVF (onde di Rayleigh) e THF (onde di Love).

Risulta abbastanza evidente come gli spettri di velocità per le quattro componenti risultino differenti (come anche dal punto di vista teorico è normale che sia) e, in questo caso, particolarmente complessi. D'altra parte, come spesso succede (e contrariamente a quanto accade con le onde di Rayleigh), le onde di Love mostrano invece un andamento piuttosto semplice (Figura 10).

L'inversione dei dati è stata svolta seguendo una procedura ibrida di inversione automatica FVS e modellazione diretta considerando le componenti ZVF, RVF, THF e la curva HVSR di campagna (vedi Figure 11, 12, 13 e 14). Per alcuni dettagli sul ruolo e l'utilizzo delle onde di corpo e di quelle di superficie (e sul ruolo del numero di modi e dell'attenuazione nella modellazione HVSR svolta considerando le onde di superficie) vedi Dal Moro (2012).

Le osservazioni che si possono fare sono molteplici. E' ad esempio importante notare come la propagazione e dispersione delle onde di Love appare (come quasi invariabilmente accade - vedi anche Safani et al., 2005 e Dal Moro, 2012) di semplice lettura risultando quindi fondamentale come guida per comprendere i complessi spettri di velocità relativi alle onde di Rayleigh. Nella componente ZVF (purtroppo da troppi considerata come unico oggetto di analisi per determinare la dispersione delle onde di superficie) il modo fondamentale non è di fatto presente e nel caso si fosse considerata unicamente tale componente (nel classico

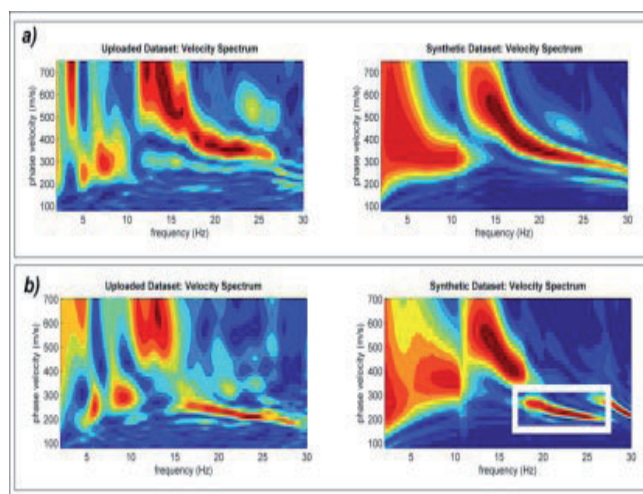


Figura 12 - Onde di Rayleigh: sulla sinistra gli spettri osservati, sulla destra quelli sintetici ottenuti tramite modal summation considerando il modello riportato in Figura 11a (in alto la componente ZVF, in basso componente RVF). Il rettangolo bianco pone in evidenza una piccola parte del modo fondamentale completamente assente nella componente ZVF.

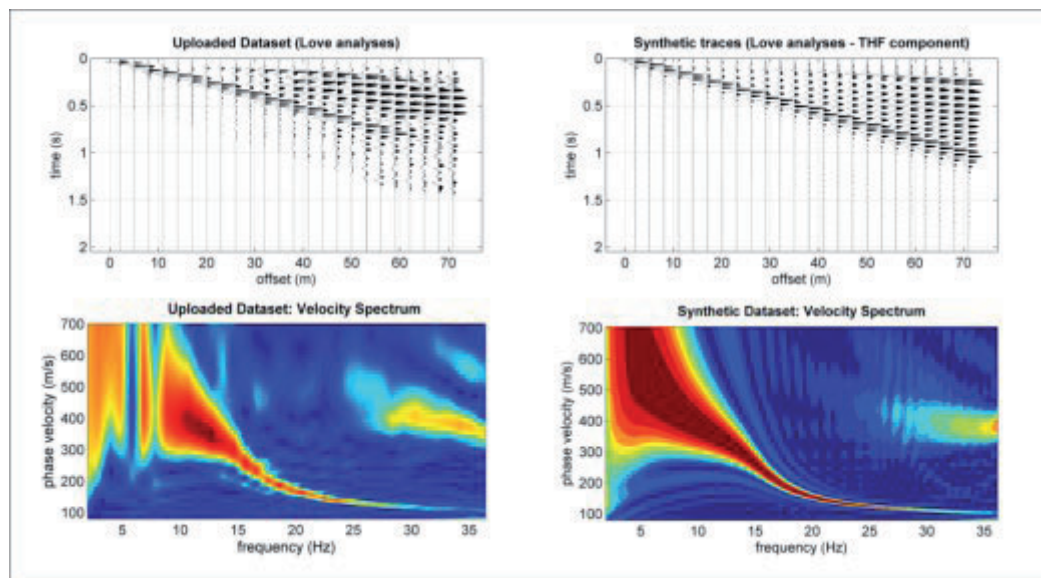


Figura 13 - Onde di Love (componente THF): sulla sinistra il dato di campagna (tracce registrate e spettro di velocità), sulla destra quello sintetico relativo al modello riportato in Figura 11a.

approccio legato all'identificazione delle curve modali) l'operatore sarebbe facilmente incappato in un errore interpretativo che si sarebbe riflesso in una significativa sovrastima delle velocità delle onde di taglio (V_S) nel sottosuolo (vedi anche O'Neill e Matsuoka, 2005).

Ciò che preme sottolineare è la coerenza del risultato finale sia per quanto riguarda le onde di Rayleigh (vedi spettri di velocità di campagna e sintetici riportati in Figura 12), che quelle di Love (Figura 13), che rispetto l'HVSR (Figura 14): solamente un modello congruente con tutti e tre i *dataset* considerati gode infatti di quella solidità necessaria a poter definire il modello del sottosuolo in modo sufficientemente univoco (in termini tecnici si parla tipicamente di *robustezza* della soluzione).

ALCUNE CONSIDERAZIONI FINALI

In questo breve lavoro sono stati sottolineati alcuni aspetti cruciali inerenti all'analisi di dati sismici utili alla caratterizzazione di sito sia a scopi geotecnici che di va-

lutazione del locale rischio sismico rispetto le indicazioni della normativa in vigore. Attraverso *dataset* sintetici e di campagna si è mostrato come gli spettri di velocità di fase (tecniche MASW, ReMi, SPAC e ESAC) possono risultare piuttosto complessi (specie rispetto le onde di Rayleigh) e come, conseguentemente, solamente un'analisi multicomponente (onde di Rayleigh e Love) possa assicurarne la corretta interpretazione.

Inoltre si sono brevemente ricordati i problemi legati alla non-univocità della soluzione che caratterizza qualsiasi metodologia di superficie (ivi incluse quindi MASW e HVSR).

L'obiettivo era quello di mettere in evidenza come solamente la conoscenza di tutti gli aspetti inerenti alla propagazione delle onde di superficie metta al sicuro da errori interpretativi che spesso altrimenti conducono ad errate ricostruzioni del profilo V_S .

L'analisi congiunta di diverse componenti (onde di Love e componenti radiale e/o verticale dell'onda di Rayleigh

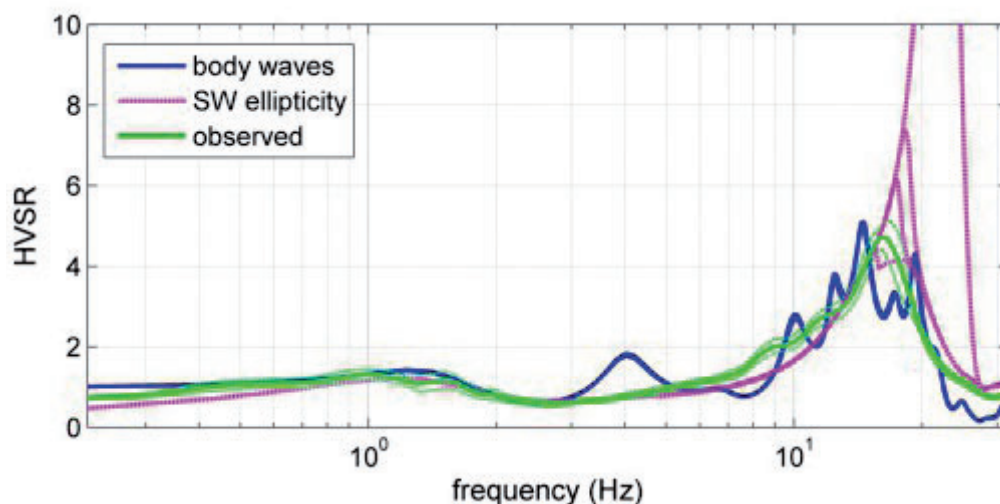


Figura 14 - Curva HVSR di campagna e modellata (modello di Figura 11a) svolta considerando le onde di volume (curva blu) e di superficie (le varie curve magenta rappresentano le curve HVSR modellate utilizzando un diverso numero di modi). Per dettagli vedi Dal Moro (2012).

- per alcuni suggerimenti su come effettuare delle acquisizioni efficaci in termini di logistica e qualità vedi Dal Moro, 2012) è di fatto l'unica che consenta di disporre delle informazioni necessarie a individuare un modello stringente (cioè ben vincolato) del sottosuolo.

Seguendo questo approccio si vanno infatti ad evitare due problemi tra loro in qualche modo in relazione: quello legato all'interpretazione di spettri di velocità complessi e quello legato alla non-univocità della soluzione (vedi anche Dal Moro, 2012 e Dal Moro e Keller, 2013).

Di fatto, moltissime analisi svolte utilizzando un'unica tecnica/componente risultano inevitabilmente errate o quantomeno significativamente imprecise e pongono serie questioni di carattere tanto deontologico che di rischio in fase di valutazione del rischio sismico (in una prossima nota gli autori mostreranno alcuni esempi di erronea ricostruzione del profilo V_S svolta nel territorio friulano).

Ritardi e pratiche compromissorie che si verificano in talune Regioni nella stesura ed emanazione delle linee guida rispetto la *Normativa Tecnica delle Costruzioni* del 2008 non giustificano infatti talune pratiche eccessivamente approssimative nella determinazione del profilo V_S (dal quale, come sottoprodotto, viene poi definito il parametro V_{S30}).

E' da sottolineare come, qualora si desideri ricostruire in modo corretto ed univoco il modello del sottosuolo, l'analisi multicomponente rappresenti una necessità non solo per la caratterizzazione sismica di sito ma anche per una corretta modellazione geotecnica utile in fase di progettazione dell'intervento edilizio.

BIBLIOGRAFIA

- Albarello D., 2006, *Possible Effects of Regional Meteoroclimatic Conditions on HVSR*, NATO SfP 980857-.II° Intermediate Meeting, Dubrovnik 25-27 November 2006, open file (nato.gfz.hr/Presentation_Albarello.pdf)
- Dal Moro G., 2014. *Analisi congiunta dello spettro di velocità di gruppo e HVSR*. Open file: http://www.winmasw.com/HoliSurface_docs/HoliSurface-Natissa.pdf
- Dal Moro G., Coviello V., Del Carlo G., 2014, *Shear-Wave Velocity Reconstruction via Unconventional Joint Analysis of Seismic Data: a Case Study in the light of Some Theoretical Aspects*, Atti XII congresso IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), Torino, 15-19 settembre 2014
[http://www.winmasw.com/docs/Surface_Waves_Joint_Inversion_Dal_Moro_Coviello_Del_Carlo_DISSEMINATION.pdf]
- Dal Moro G. e Keller L., 2013. *Unambiguous determination of the V_S profile via joint analysis of multi-component active and passive seismic data*, EAGE Near Surface 2013, Atti del 19th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Bochum, Germany, 9-11 September 2013
[http://www.winmasw.com/docs/Dal_Moro-Keller-EAGE2013-Bochum-dissemination.pdf]
- Dal Moro G., 2012. *Onde di superficie in Geofisica Applicata - acquisizione ed analisi secondo le tecniche MASW e HVSR*, pp. 191, ISBN 978-8857901169, Dario Flaccovio Editore
- Herrmann R.B., 2003. *Computer Programs in Seismology*. Open files [<http://www.eas.slu.edu/People/RBHerrmann/CPS330.html>]
- Dziewonsky, A., Bloch S., Landisman N., 1969. *A technique for the analysis of transient seismic signals*, Bull Seism. Soc. .Am., 59, 427-444.
- O'Neill A. e Matsuoka T., 2005. *Dominant Higher Surface-wave Modes and Possible Inversion Pitfalls*, Journal of Environmental & Engineering Geophysics, 10, 185-201
- Panza G.F., 1989. *Attenuation measurements by multimode synthetic seismograms*, in: *Digital seismology and fine modeling of the Lithosphere*, Editors: R. Cassinis, G. Nolet and G.F. Panza, Plenum Publishing Corporation, 79-115
- Safari, J., O'Neill, A., Matsuoka, T. e Sanada, Y., 2005. *Applications of Love Wave Dispersion for Improved Shear-wave Velocity Imaging*, Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 10, 135-150
- Scales J.A., Smith M.L. e Treitel S., 2001. *Introductory geophysical inverse theory*, Samizdat Press, open file [<http://samizdat.mines.edu>], pp.193
- Tanimoto T., Ishimaru S., Alvizuri C., 2006, *Seasonality in particle motion of microseisms*, Geophysical Journal International, 166, p.253-266.
- Tasic I. e Runovc R., 2010. *How to test the reliability of instruments used in microtremor horizontal-to-vertical spectral ratio measurements*. Acta Geotechnica Slovena, 2, 17-28
[http://www.fg.uni-mb.si/journal-ags/pdfs/AGS_2010-2_article_2.pdf]
- Yamanaka H., 2005. *Comparison of Performance of Heuristic Search Methods for Phase Velocity Inversion in Shallow Surface Wave Method*, Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 10, 163-173



Tecnorock srl
Via S. Fortunato, sn
61039 - SAN COSTANZO - (PU)
Tel./Fax 0721/950193
Cell. ufficio349/5079990
www.tecnorock.it
info@tecnorock.it

TECNO ROCK

Consolidamenti - Fondazioni - Restauri

INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE IN APPLICAZIONE DELLA LR 23/11/2011 N.22 DELLA REGIONE MARCHE (Parte prima)

Enzo Franchini

CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE

L'estendersi dell'urbanizzazione implica l'incremento dei livelli di impermeabilizzazione dei suoli ed una loro modifica topografica e morfologica (regolarizzazione delle superfici, trasformazioni nella rete idrografica minore).

Ciò comporta la diminuzione della possibilità di infiltrazione dell'acqua meteorica nel terreno, la riduzione delle piccole depressioni naturali utilizzabili per accumuli idrici temporanei, l'aumento della pioggia netta destinata al deflusso, la crescita nei corpi recettori dei picchi di portata, la riduzione dei tempi di formazione delle piene.

Tra gli obbiettivi delle leggi urbanistiche emesse negli ultimi anni da varie regioni, c'è pertanto la definizione dei limiti e delle condizioni di sostenibilità degli interventi di trasformazione del territorio, in modo da poter mettere in sicurezza i luoghi soggetti a rischi idraulici e di applicare in misura equa, gli oneri conseguenti.

LEGGE REGIONALE E LINEE GUIDA

Recentemente la Regione Marche ha reso operativa, con Legge Regionale del 23/11/2011 n.22 (·), la *Verifica di Compatibilità Idraulica* degli strumenti di pianificazione territoriale e l'*Invarianza Idraulica* delle trasformazioni territoriali.

(Ad adempimento delle previsioni dell'art 10, comma 4 della suddetta legge regionale, la Regione con D.G.R. n. 53 del 27/01/2014, ha predisposto il documento tecnico contenente "criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative "Allegato 1") n.d.r

L'*Allegato n.1* è articolato attraverso quattro "Titoli":

- Titolo I Disposizioni generali
- Titolo II Verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione del territorio
- Titolo III L'invarianza idraulica nelle trasformazioni urbanistiche
- Titolo IV Disposizioni finali.

Segue a conclusione, un'*Appendice* con definizioni dei termini tecnici usati, delle sigle, con facsimile di moduli per dichiarazioni di verifica-asseverazione.

·) L.R. 23 novembre 2011 n. 22-*"Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico – art. 10. comma 4 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali"*; delibera n. 53 del 27/01/2014 . Pubblicazione sul BURM n.19 del 17/02/2014.

Fa parte integrante della legge l'allegato n.1 *"Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali"*

La Regione Marche Autorità di Bacino ha anche pubblicato un documento (www.autoritabacino.marche.it) dal titolo *"Linee Guida-Titolo 1-Paragrafo 1.4" - "A" – Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica"*, come orientamento e aiuto per la verifica di compatibilità idraulica, in particolare per la trattazione dei dati/analisi da considerare nei diversi livelli richiesti, ed un documento dal titolo *"Linee Guida-Titolo 1-Paragrafo 1.4" "B" Sviluppo della verifica di invarianza idraulica"*.

Compatibilità Idraulica

La verifica di *Compatibilità Idraulica* richiesta dalla LR 23/11/2011, viene chiarito, è a cura del soggetto proponente/attuatore degli strumenti di pianificazione del territorio e loro varianti; eventuali richieste interpretative di coordinamento con le disposizioni di altri strumenti urbanistici di pianificazione e di programmazione vanno proposte alla struttura regionale competente all'attuazione della legge che curerà il raccordo con l'ente proposto alla applicazione della norma da "coordinare".

E' fatta salva l'applicazione delle prescrizioni degli strumenti urbanistici, di pianificazione e di programmazione, qualora più restrittive o cautelative di quanto richiesto nella LR 23/11/2011.

Nelle aree perimetrale dai Piani di Assetto Idrogeologico (ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di Distretto) si applicano le disposizioni di detti Piani.

Per le modalità di attuazione, viene spiegato che la verifica di *Compatibilità Idraulica* si sviluppa su diversi livelli/fasi di approfondimento:

- a) Verifica Preliminare: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica
- b) Verifica Semplificata: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica e Analisi Geomorfologica
- c) Verifica Completa: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica, Analisi Geomorfologica e Analisi Idrologica-Idraulica di dettaglio.

Il grado di approfondimento dell'indagine è da ritenersi in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto della quale si colloca la trasformazione territoriale oggetto di studio.

La *Verifica Preliminare* va necessariamente sviluppata sempre e ad esito della *Verifica Preliminare* verrà valutato se sottoporre lo strumento di pianificazione ai successivi livelli di analisi.

Quanto esposto rende evidente che lo studio di *Compatibilità Idraulica* è uno strumento di pianificazione territoriale attraverso il quale vengono effettuate valutazioni e verifiche sulla ammissibilità, la natura e l'importanza qualitativa e quantitativa degli effetti e delle opere previste in progetto sul sistema idraulico esistente.

Linee Guida A

Riguardo l'applicazione di questa prima parte della LR 23/11/2011, la Regione Marche, Autorità di Bacino ha reso disponibile (www.autoritabacino.marche.it) un corposo documento già segnalato in nota, da titolo "*Linee Guida-Titolo 1-Paragrafo 1.4 - "A" - Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica*" che costituisce una dettagliata e utile guida per lo sviluppo della verifica di *Compatibilità Idraulica* e per la trattazione in particolare dei dati e dell'analisi nei diversi livelli richiesti.



GEOS s.n.c. geofisica

tomografia elettrica - geoelettrica - tomografia sismica - m.a.s.w. - misura h.v.s.r. - down hole - georadar - elettromagnetismo - analisi vibrazionali

Indagini geofisiche per la geologia, ingegneria ed ambiente

Geologia del sottosuolo • Frane • Idrogeologia
Cave • Discariche • Siti inquinati
Sottoservizi stradali • Archeologia

Ingegneria sismica • Controlli sulle murature • Vibration monitoring

60035 JESI (AN) • Largo Grammercato, 3 • tel.&fax. 0731.200260 • email: geosgeofisica@fastwebnet.it • www.geosgeofisica.it

Invarianza Idraulica

Riguardo l'*Invarianza Idraulica*, le modalità operative e le indicazioni tecniche richieste dalla LR 23/11/2011 per la definizione delle misure compensative rivolte al perseguimento del principio, vengono trattate nei Titoli III e IV dell'*Allegato 1* e vengono riprese con finalità di orientamento - anche questo è segnalato in nota - dalle "*Linee Guida – Titolo I – Paragrafo 1.4 – “B” Sviluppo della verifica di invarianza idraulica*".

Tale parte della legge é quella che in particolare si vuole approfondire con la presente nota, attraverso qualche esempio applicativo, sintetizzando preliminarmente qui appresso, gli elementi preminenti riportati nel documento legislativo ai vari capitoli.

Capitolo 3.1

Per trasformazione del territorio ad *Invarianza Idraulica*, si deve intendere la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa, e mantenga inalterate con la predisposizione delle opere di detenzione previste, le prestazioni generali del bacino.

L'obbiettivo della legge è quello di richiedere a chi propone una trasformazione d'uso del suolo, modificando in particolare la permeabilità, di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Capitolo 3.2

L'ambito di applicazione territoriale del documento legislativo è sempre l'intera regione marchigiana .

Le misure compensative richieste si ritengono totalmente compatibili con finalità, obiettivi e strategie dei Piani di Assetto Idrogeologico, ovvero di analoghi strumenti della pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Distretto.

Capitolo 3.3

Gli enti competenti al rilascio dei titoli abilitativi ad attività di trasformazione del suolo provocanti una variazione di permeabilità superficiale, accertano che siano applicate le previsioni che il presente Titolo richiede.

Viene messo subito in chiaro che le disposizioni che si articolano nel documento legislativo, non si applicano:

- a) ad attività di trasformazione non comportanti variazione di permeabilità superficiale (fattispecie che deve essere adeguatamente giustificata nella documentazione tecnica del progetto)
- b) ad attività di trasformazione caratterizzate per loro natura da comportare una variazione in positivo della permeabilità superficiale (fattispecie che deve essere adeguatamente giustificata nella documentazione tecnica del progetto).

Viene anche chiarito che gli strumenti di pianificazione territoriale generale ed attuativa, qualora contengano elementi utili parzialmente o totalmente, al conseguimento di quanto richiesto per l'*Invarianza Idraulica*, possono a tal fine essere utilizzati.

Analogamente, qualora le singole trasformazioni previste dagli stessi strumenti, soddisfino l'*Invarianza Idraulica* come richiesto dal Titolo III, è possibile prescindere da ulteriori misure; è fatto salvo quanto previsto dal Titolo IV.

Per facilitare i soggetti a vario titolo coinvolti nella redazione-valutazione di quanto richiesto nel Titolo III è stato predisposto uno schema di dichiarazione di verifica-asseverazione rispetto i contenuti del documento legislativo che si trova in *Appendice*

Capitolo 3.4

Nel Capitolo 3.4 del Titolo III si entra nei contenuti dell'*Invarianza idraulica* con indicazioni tecniche per il calcolo, precisando che gli eventuali studi e le definizioni delle misure per l'*Invarianza Idraulica* devono essere redatti da tecnici professionisti abilitati, con competenze adeguate, secondo la legislazione vigente.

In generale le misure da applicare per il perseguimento dell'invarianza sono diversificate con modalità di contenuti differenziate in funzione della consistenza della trasformazione, la quale viene distinta a seconda che la classe di *potenziale impermeabilizzazione* (Tabella 1) - riferita a superfici di estensione areale *S* crescente - passi da *Trascurabile* (*S*<0,1 ha), a *Modesta* (*S*<1 ha), a *Significativa* (*S*<10 ha o *S*>10 ha con *Imp*<0,3), a *Marcata* (*S*>10 ha con *Imp*>0,3) (“*Imp*” sta per frazione propria di area impermeabile, come verrà ripreso più avanti).

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con <i>Imp</i> <0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con <i>Imp</i> >0,3

Tabella 1 - classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

Per determinare la misura del volume specifico minimo di invaso *w* (m³/ha) da prescrivere in aree sottoposte ad una quota di trasformazione *I* (% percentuale dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota *P* (tale che *I+P=100 %*) il documento legislativo rende esplicita la seguente formula:

$$w=w^o*(\Phi/\Phi^o)^{1/(1-n)} -15*I-w^o*P$$

dove, come viene ulteriormente chiarito anche nelle *Linee Guida “B”*, si deve intendere:

I=quota parte di impermeabilizzazione espressa come percentuale dell'area che viene trasformata (percentuale di superficie impermeabile e permeabile, trasformata)

P=quota parte (%) lasciata inalterata (tale che *I+P=100%*)

w^o=50 m³/ha, volume specifico naturalmente disponibile per la laminazione della portata meteorica (depressioni naturali, fossi, solchi), convenzionalmente calcolato

15=15 m³/ha , volume specifico d'invaso disponibile per la laminazione della portata meteorica per un terreno diverso da agricolo, convenzionalmente calcolato

Φ =coefficiente di deflusso (·) dopo l'intervento di trasformazione

Φ° = coefficiente di deflusso prima dell'intervento di trasformazione

$n=0,48$ =esponente delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) di durata inferiore all'ora (stimato nell'ipotesi che in bacini di piccola estensione, le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15', 30', siano rispettivamente il 30%, 60%,75%, come risulta plausibile da numerosi studi sperimentali (Paoletti, 1966)

Il volume specifico w così ricavato va poi moltiplicato per l'area totale S dell'intervento, a prescindere della quota P che viene lasciata inalterata.

I coefficienti di deflusso vengono valutati con le seguenti relazioni:

$$\Phi = 0,9 * Imp^{\circ} + 0,2 * Per^{\circ} \quad (..)$$

$$\Phi^{\circ} = 0,9 * Imp + 0,2 * Per$$

dove

Imp e Per sono le frazioni dell'area totale da ritenersi rispettivamente *impermeabile* e *permeabile* prima della trasformazione, se dotate di apice $^{\circ}$, ovvero le frazioni dopo la trasformazione, se prive di apice.

In linea generale si ritiene permeabile ogni superficie non rivestita con pavimentazioni di alcun genere.

Non è superfluo ribadire che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, debbono essere incluse nella quota I . (··)

La quota P dell'area in trasformazione è costituita solo da quelle parti che non vengono (significativamente) modificate dalla trasformazione mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti.

Per le classi di impermeabilizzazione definite “*Significativa*” e “*Marcata*” è ammesso un valore diverso dell'esponente n della curva di possibilità pluviometrica, qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.

Il Titolo III precisa inoltre che sono validi i seguenti criteri:

a) nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti della formula sopra riportata, ad esclusione degli interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 m^2 (=0,01 ha) (per la quale si deve intendere, la mitigazione non è necessaria);

-
-) ϕ è la percentuale di pioggia caduta che raggiunge il corpo ricevente (anche se forse sarebbe più corretto parlare di coefficiente di afflusso, quale quota parte di derivazione diretta ed esclusiva dalla pioggia precipitata).
 -) Pari alla media pesata dei coefficienti 0,2 per la parte permeabile e 0,9 per la parte impermeabile sull'area totale. E' generalmente possibile che per superfici di copertura tipo autobloccanti e misto stabilizzato sia accettabile anche una valutazione di permeabilità al 50 %.
In definitiva la formula indicata viene impiegata considerando che si attribuiscono $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ (w°) all'esistente anche se non agricolo, si attribuiscono $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ (I) alla superficie trasformata (ampliamento e nuovo verde) e $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ (P) alla superficie non trasformata; non si considera l'incremento di portata.
 -) La regolarizzazione della superficie o il livellamento, eliminando le naturali piccole concavità o rugosità o solchi in cui l'acqua si può trattenere e/o rallentare, fanno aumentare la velocità nel percorso verso valle e diminuiscono le possibilità di infiltrazione.

- b) nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento della formula sopra riportata è opportuno che le luci di scarico nel corpo recettore non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- c) nel caso di significativa impermeabilizzazione le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso vanno dimensionati in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore ed un tempo di ritorno di 30 anni;
- d) nel caso di marcata impermeabilizzazione è necessario uno studio idrologico-idraulico di maggiore dettaglio.

Per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale ed attuativa vigenti alla data di entrata in vigore della legge, solamente per i casi a) e b) sopra riportati, in alternativa all'utilizzo della formula citata, poteva essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 m³ per ettaro di superficie impermeabilizzata.

Fatto salvo quanto previsto dal titolo IV, il valore determinato dal dimensionamento dell'*Invarianza idraulica*, rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da una opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.; cioè il volume valutato necessario per conseguire l'*invarianza*, può essere realizzato con varie soluzioni anche in combinazione, come vasche, depressioni nel terreno, sovradimensionamento delle fognature, trincee a dispersione

In sede di approvazione di Strumenti Urbanistici Attuativi deve essere redatto uno schema di valutazione dell'*Invarianza idraulica* valutando gli interventi utili a garantire la stessa.

Il Titolo IV tratta delle disposizioni finali, sia in riferimento a quanto richiesto dal Titolo II che dal Titolo III, dei procedimenti in corso e di quelli adottati prima del 16/12/2011 e di quelli dopo tale data, ma prima dell'entrata in vigore della legge (la pubblicazione sul BUR è avvenuta come detto, il 17/02/2014).

Linee Guida "B"

Le *Linee Guida "B"* ritornano inizialmente (Capitolo B.1) sul problema della pianificazione (sia di bacino che a carattere locale) e della necessità dell'adozione di strumenti che garantiscano la sostenibilità di lungo periodo di un assetto idrografico.

Successivamente argomentano in particolare su modalità di calcolo dei volumi e degli invasi di compensazione della impermeabilizzazione (Capitolo B.2), su indicazioni di tipo tecnico per aree di trasformazione urbana e sui criteri metodologici per la stesura degli studi (Capitolo B.3), su indicazioni operative e misure per la permeabilità delle aree (B.4), su indicazioni per aree di versante e di collina (B.5), su criteri di scelta progettuali dei dispositivi idraulici (B.6), con in *Appendice* tabelle e schede, segnalando altresì la presenza a parte, di un foglio elettronico di calcolo (*DGR_53_2014_Calcolo_invarianza_Idraulica_R2.xls(1)* rintracciabile su www.autoritabacino.marche.it) utile per applicare la formula dell'invaso più sopra riportata che possiamo chiamare "*formula semplificata*".

Le *Linee Guida*, riguardo la permeabilità e i coefficienti dei suoli, forniscono valori orientativi di riferimento nella forma sotto riportata in tabella, sottolineando che l'attribuzione dei valori viene rimandata alle valutazioni del Progettista in rapporto all'assetto territoriale specifico.

TIPO DI SUPERFICIE	C
<i>Superfici permeabili</i> (aree agricole, aree verdi, boschi e/o assimilabili)	0,1-0,4
<i>Superfici semi-permeabili</i> (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ecc.)	0,5-0,7
<i>Superfici impermeabili</i> (tetti, strade, piazzali, ecc.)	0,8 -1

In atti legislativi di altre regioni, i coefficienti di deflusso si possono trovare indicati con valori più netti.

Tabella 1 Valori convenzionali dei coefficienti di deflusso (D.G.R. 1841/19.06.2007)

TIPO DI SUPERFICIE	VALORE CONVENZIONALE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Aree agricole	0,1
Superfici permeabili (area a verde)	0,2
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta, stabilizzato, ecc.)	0,6
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali)	0,9

L'Appendice A delle *Linee Guida "B"* fornisce infine una utile *Tabella di orientamento nella scelta dei dispositivi* ed un lungo elenco esplicativo di tipologie di dispositivi a sigla D1...D14 che ad essa fanno riferimento.



REGIONE MARCHE
GIUNTA REGIONALE

L.R. 23 NOVEMBRE 2011 N. 22; ART. 10, C. 4 - DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE N. 53/27-1-2014
CRITERI, MODALITÀ E INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE PER LA REDAZIONE DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PER L'INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

APPENDICE A: Tabella di orientamento nella scelta dei dispositivi

Codice	DISPOSITIVO	PROCESSO			GESTIONE			DESTINAZIONE D'USO							SPAZIO DISPONIBILE		TIPO DI TERREMO		RISCHIO IDRAULICO		INQUINAMENTO				MANUTENZIONE		
		Infiltrazione	Decorazione/ristrutturazione	Traffico	Pavimento	Controllo locale	Controllo per il vicino	Controllo pastorale	Restaurata e senza drenata	Restaurata ed a drenata	Stade	commerciale	Industriale	di Riquifica	Contrattata	Basse	Alte	Impermeabile	Permeabile	Rischiare piccoli e medi	Rischiare alti	Rischiare molto bassi	Rischiare medi	Rischiare molto alti		VALORE ENTITICO	VALORE ECOLOGICO
D1	Tetti verdi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	SPASSO	MEDIO	BASSO	BASSO	ALTO	ALTO
D2	Sistema di raccolta	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	ALTO	ALTO	ALTO	SPASSO	MEDIO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO
D3	Sistema domestiche	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	SPASSO	SPASSO	SPASSO	SPASSO	BASSO	BASSO	BASSO	SPASSO
D4	Superfici permeabili	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D5	Sistemi di bioritenzione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	SPASSO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
D6	Fasce di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	SPASSO	MEDIO	SPASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
D7	Gallerie di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	BASSO	BASSO	MEDIO
D8	Sistemi Sotteranei	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	MEDIO	SPASSO	MEDIO	BASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D9	Sistemi modulari generalizzati	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	SPASSO	VA	BASSO	BASSO	BASSO	BASSO	SPASSO
D10	Bacini di infiltrazione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	BASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	BASSO	SPASSO	MEDIO
D11	Vassoi	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	MEDIO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO
D12	Bacini di detenzione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	SPASSO	MEDIO	SPASSO	MEDIO	MEDIO	BASSO	SPASSO	SPASSO
D13	Zone umide	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	BASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	ALTO	ALTO	ALTO
D14	Stagni	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	BASSO	SPASSO	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

MODELLI RISOLUTIVI

La laminazione necessaria per conseguire l'*Invarianza Idraulica*, una volta individuato il volume da invasare in rapporto alla portata in uscita ed alle caratteristiche del sistema di scarico adottato, può trovare soluzione pratica, come si visto, in vari modi (vasca in c.a. o altro materiale rigido, depressione in area verde, cisterne, trincee e pozzi drenanti, sovradimensionamento di fognature ...).

Pensando alla scelta più immediata di una vasca di invaso, il problema principale rimane la determinazione del volume massimo assegnabile alla detenzione per ridurre l'uscita al valore di portata previsto .

La soluzione del problema prende le mosse in ogni caso, dall'equazione di continuità :

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t) / dt$$

dove

$Q_e(t)$ è la portata entrante nella vasca, variabile nel tempo, dipendente dall'andamento pluviometrico e dalle caratteristiche del bacino e della rete drenante

$Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca, variabile nel tempo e dipendente dalle caratteristiche dello scarico [se è di tipo a luce fissa, la portata dipende dal tempo solo tramite il livello idrico $h(t)$]

$W(t)$ è il volume invasato all'istante t

Il valore della portata entrante $Q_e(t)$ collegato al bacino drenante, è quello che apre il campo degli studi e della ricerca e che viene risolto sulla base di varie ipotesi più o meno semplificatrici, del complesso fenomeno idrogeologico con cui ha luogo la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Numerosi sono i modelli che vengono presi a base di metodi per la stima del deflusso, della portata al colmo, dell'idrogramma della pioggia, e secondo i vari schemi adottati, sono conosciuti anche con nomi che ne sintetizzano il meccanismo di funzionamento.

Essi possono essere classificati in vari modi.

In base alla struttura del modello possono distinguersi in modelli a simulazione particolareggiata (modelli idraulici) se sulla base di osservazioni sperimentali e criteri analitici tentano di simulare i singoli processi idrologici; oppure in modelli concettuali (·) se assimilano la trasformazione reale delle piogge ad una trasformazione riferita ad un sistema fisico, anche diverso, ma in grado di fornire una risposta simile; o ancora in modelli sintetici (o empirici) se considerano il sistema come una scatola chiusa sulla quale non viene fatta alcuna ipotesi e tutto si risolve nella ricerca di

·) I modelli concettuali consentono di rappresentare il ciclo idrologico del bacino in modo abbastanza semplice ma per una loro corretta utilizzazione necessitano di calibrare i parametri che caratterizzano le relazioni concettuali su cui si basano . Essi richiedono la conoscenza di variabili di ingresso (precipitazione, temperatura, umidità dell'aria, radiazione, ecc. ...) e i valori di misura di una gamma di parametri, talvolta non osservabili (come ad esempio capacità di intercettazione della vegetazione, indice di infiltrazione, pendenza media del percorso delle acque superficiali ..). Una volta raggiunta la calibrazione dei parametri con un processo di comparazione dei risultati forniti dal modello con le corrispondenti osservazioni e misure reali, il modello è utilizzabile e può passare ad una fase di validazione anche con un nuovo insieme.

In questo ambito si applicano frequentemente codici di calcolo come ad esempio HCH-HMS dell'USACE .

un operatore matematico che leghi tra loro, nel miglior modo possibile, ingresso ed uscita dal sistema.

Un'altra classificazione porta a distinguerli in modelli distribuiti e modelli globali (concentrati) e ciò in base a come vengono considerate le caratteristiche di ingresso delle grandezze idrologiche che intervengono nel fenomeno (valori parametrici distribuiti per esempio su maglie dello spazio, o valori medi costanti, funzioni del tempo).

In base alla loro natura, si possono anche differenziare tra modelli stocastici (quando almeno una fra variabili di stato e variabili di uscita, è rappresentata specificando la sua distribuzione di probabilità, e come tale è sempre individuata con un margine di approssimazione) e modelli deterministici (quando le variabili coinvolte assumono tutte valore puntuale, al medesimo ingresso corrisponde sempre la medesima uscita e la variabile in uscita è conseguita con una stima esatta).

La serie di modelli può allungarsi ulteriormente in quanto nel corso del tempo le diverse esigenze emerse con la pianificazione e gestione delle risorse idriche a livello di bacino, in relazione anche il diversi gradi di sviluppo delle conoscenze idrologiche, ha stimolato la loro formulazione e consentito una loro continua messa a punto.

Nelle pagine che seguono verranno richiamati alcuni criteri ed alcune modalità operative che consentono di pervenire ad una stima del volume necessario per la laminazione finalizzata all'*Invarianza Idraulica* prendendo le mosse dal metodo "*semplificato*" inizialmente descritto, sottolineando sin da ora la mancanza il più delle volte nel loro impiego, di una convergenza dei risultati.

Il problema idraulico-idrologico è sempre quello di una generica area che subendo un intervento di trasformazione del suolo (edilizio-urbanistico), deve compensare l'eccedenza liquida che si produce in caso di pioggia per la mutata permeabilità del suolo, per mezzo di una vasca di raccolta compensatrice (o un sistema con analoga funzione), da cui l'acqua può essere ceduta lentamente (con ritardo) al sistema idrico recettore.

**CREPE?
FRANE?
IL TUO
PROBLEMA
FINISCE
QUI**

Geostudio Ligi
Fondazioni Speciali s.r.l.

40 ANNI DI ESPERIENZA IN...

CONSOLIDAMENTI:	MICROPALI, BERLINESE, TIRANTI
INIEZIONI:	CEMENTO, RESINE ESPANDENTI
SONDAGGI GEOGNOSTICI:	CAROTAGGIO CONTINUO
FORI DRENANTI	
CONSULENZE ED INDAGINI	

Urbino (PU) Tel. +39 0722 329050
mobile +39 347 6175710/340 4927905 www.geostudioligi.com

MODALITA' DI CALCOLO - ESEMPI APPLICATIVI METODO SEMPLIFICATO

Con la denominazione di *metodo semplificato* si vuole indicare come detto, la formula discussa al Titolo III; essa rende veloce l'applicazione dell'*Invarianza Idraulica* e consente di conseguirla con soluzioni dimensionali che hanno in genere un consistente margine di sicurezza.

1) Si può provare ad applicare la formula in una situazione progettuale come viene ad esempio illustrata nelle *Linee Guida "B"* Cap. B.2, dove viene proposto il caso ideale di un lotto di terreno che viene trasformato da area agricola/incolto a verde urbano senza elementi di impermeabilizzazione, con *metà del lotto* che viene mantenuto in condizioni agricole.

Calcolando, si ottiene per un lotto avente, poniamo, un'estensione della superficie $S=10000 \text{ m}^2$:

Situazione ante operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp}^{\circ} = 0,0 \text{ m}^2$		
	$Imp^{\circ} = 0,0 \%$		
Superficie permeabile esistente	$S_{perm}^{\circ} = 10000 \text{ m}^2$		
	$Per^{\circ} = 100 \%$		$Imp^{\circ} + Per^{\circ} = 100\%$

Situazione post operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp} = 0,0 \text{ m}^2$		
	$Imp = 0,0 \%$		
Superficie permeabile esistente	$S_{perm} = 10000 \text{ m}^2$		
	$Per = 100 \%$		$Imp + Per = 100\%$

Indici di trasformazione dell'area

Superficie trasformata/livellata	$I_t = 5000 \text{ m}^2$		
	$I = 0,5$		
Superficie (agricola e non) inalterata	$P_i = 5000 \text{ m}^2$		
	$P = 0,5$		$I + P = 1$

Coefficienti di deflusso

Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi^{\circ} = 0,2$	$(\Phi^{\circ} = 0,9 * Imp^{\circ} + 0,2 * Per^{\circ})$
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi = 0,2$	$(\Phi = 0,9 * Imp + 0,2 * Per)$

Volume specifico di invaso w

$$w = w^{\circ} (\Phi / \Phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 * I - w^{\circ} * P \quad w = 50 * 1 - 15 * 0,5 - 50 * 0,5 = 17,5 \text{ m}^3/\text{ha} \quad (^\circ)$$

Volume minimo d'invaso ($w = w^{\circ} * S / 10000$) $W = 17,5 \text{ m}^3$

Coefficiente udometrico imposto $u = 20 \text{ l}/(\text{s} * \text{ha}) \quad (^\circ)$

Dimensionamento tubo di scarico (strozzatura)

Battente massimo sopra il tubo di scarico	$h = 80 \text{ cm}$
Diametro max ammesso del tubo di scarico	$d = 103,5 \text{ mm} \quad (^\circ)$

-) Il valore riportato nelle *Linee Guida "B"* ($w = 18,5 \text{ m}^3/\text{ha}$) si deve ritenere a quanto pare, un refuso tipografico
-) Il valore u da rispettare compare nelle *Linee Guida "B"* (pag. 10) e nel pro foglio di calcolo *DGR_53_2014_Calcolo_invarianza_Idraulica_R2.xls(1)* dove è una costante; esso può ritenersi cautelativo e spesso è accettato anche per opere di bonifica.
-) Il battente h è scelto a piacere ma entro un certo margine, che per il caso di *modesta impermeabilizzazione*

Nel seguire questa procedura è importante aver ben chiaro cosa si intende per superfici permeabili (e quindi anche per superfici impermeabili !) e cosa si intende per interventi di trasformazione/livellamento.

Sono permeabili le aree agricole o a verde o eventualmente alla percentuale individuata (spesso al 50 %) le superfici semi-permeabili (coperture a betonelle, a grigliati o similari, superfici stradali in terreno battuto); sono impermeabili gli edificati (fabbricati, tetti, terrazze) o le pavimentazioni compatte, o alla percentuale individuata, le superfici semi-permeabili.

Si intendono trasformate o livellate, le aree in cui si edifica o si pavimenta o si interviene con livellamenti o regolarizzazioni superficiali; si intendono inalterate, le superfici preesistenti di qualunque genere che non vengono modificate in alcun modo dall'intervento.

Nel caso di *significativa impermeabilizzazione* le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso vanno dimensionati in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore ed un tempo di ritorno di 30 anni.

Se nel caso dell'esempio sopra riportato, si volesse procedere nel controllo anche di questi dimensionamenti (necessari dunque, se le superfici sono "comprese tra 1 e 10 ha"), si dovrà risalire ad indicazioni attendibili sulla altezza di pioggia relativa all'area, come per esempio quelle ottenute con la curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno T_r di almeno 30 anni, e quindi eseguire operazioni di verifica del genere che segue.

I fattori della curva di possibilità pluviometrica determinati siano ad esempio $a=60 \text{ mm/ora}^n$, $n=0,3$

Durata della pioggia t_p	$t_p = 2 \text{ ore}$
Altezza di pioggia $h = a * t_p^n$	$h = 60 * 2^{0,3} = 73,87 \text{ mm}$
Coefficiente di afflusso Φ post operam	$\Phi = 0,2$
Volume d'acqua V_p piovuta nel tempo t_p	$V_p = 10000 * 73,87 / 1000 = 738,7 \text{ m}^3$
Volume d'acqua V_e entrato in vasca nel tempo t_p	$V_e = V_p * \Phi = 147,74 \text{ m}^3$
Coefficiente udometrico considerato	$u = 20 \text{ (l/s)/ha}$
Volume di laminazione progettato	$W = 17,5 \text{ m}^3$
Portata Q_d di deflusso nell'ipotesi che il foro di uscita dalla vasca abbia diametro $d = 103 \text{ mm}$ e il battente sia $h = 80 \text{ cm}$; (si impiega la formula di Torricelli)	$Q_d = 0,6 * \pi * (d/1000)^2 * (2g * h)^{0,5} * 1000 = 19,8 \text{ l/s}$ $Q_d < u * S / 10000$, quindi accettabile
Volume V_u uscito dalla vasca nel tempo t_p	$V_u = Q_d * t_p = 19,8 * 2 * 3600 / 1000 = 142,56 \text{ m}^3$
Volume da laminare V_L	$V_L = V_e - V_u = 147,74 - 142,56 = 5,18 \text{ m}^3$ (·) $W > V_L$, quindi dimensionamenti accettabili

potenziale non deve eccedere il metro. Per il dimensionamento del diametro d si è applicata la formula di Torricelli $d^2 = 4Q / [\pi * \mu * (2g * h)^{0,5}]$ con $\mu = 0,6$ e accelerazione di gravità $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ come verrà meglio ripreso nella nota più avanti. Per la luce di tale scarico, nello stesso caso, non si deve eccedere il diametro di 200 mm.

-) Se si usasse un foro di uscita di diametro troppo piccolo rispetto il valore determinato, per es. nel caso prospettato, $d = 98 \text{ mm}$ con $h = 0,8 \text{ m}$, Q_d sarebbe entro il valore prestabilito ma la vasca sarebbe insufficiente a contenere il volume da laminare nel tempo indicato di 2 ore, perché con quella durata sarebbe $V_L \approx 18,7 \text{ m}^3$, oltre cioè la capacità di $W = 17,5 \text{ m}^3$ preventivata.

2) Riprendiamo ancora un lotto agricolo/incolto di superficie $S=10000 \text{ m}^2$ e poniamo che l'intervento in progetto preveda una trasformazione urbanistica (impermeabile) su 5000 m^2 e la restante parte venga lasciata a verde.

Calcolando, si ottiene:

Situazione ante operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp^o} = 0,0 \text{ m}^2$	
	$Imp^o = 0,0 \%$	
Superficie permeabile esistente	$S_{perm^o} = 10000 \text{ m}^2$	
	$Per^o = 100 \%$	$Imp^o + Per^o = 100\%$

Situazione post operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp} = 1000 + 4000 = 5000 \text{ m}^2$	
	$Imp = 50 \%$	
Superficie permeabile esistente	$S_{perm} = 5000 \text{ m}^2$	
	$Per = 50 \%$	$Imp + Per = 100\%$

Indici di trasformazione dell'area

Superficie trasformata/livellata	$It = 4000 + 5000 = 9000 \text{ m}^2$	
	$I = 0,9$	
Superficie (agricola e non) inalterata	$Pi = 1000 \text{ m}^2$	
	$P = 0,1$	$I + P = 1$

Coefficienti di deflusso

Coefficiente di deflusso ante operam	$\Phi^o = 0,9 * 0,1 + 0,2 * 1 = 0,2$	$(\Phi^o = 0,9 * Imp^o + 0,2 * Per^o)$
Coefficiente di deflusso post operam	$\Phi = 0,9 * 0,5 + 0,2 * 0,5 = 0,55$	$(\Phi = 0,9 * Imp + 0,2 * Per)$

Volume specifico di invaso w

$$w = w^o (\Phi / \Phi^o)^{1/(1-n)} - 15 * I - w^o * P \quad w = 50 * 2,75^{1,293} - 15 * 1 - 50 * 0 \approx 50 * 7 - 15 = 335 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Volume minimo d'invaso ($w = w^o * S / 10000$) $W = 335 \text{ m}^3$

3) Ancora un esempio con un lotto di superficie $S=10000 \text{ m}^2$ in parte agricolo ed in parte già edificato su un'area di 1000 m^2 (impermeabile) per il quale il progetto prevede un ampliamento di edificazione di 4000 m^2 (impermeabile) e la sistemazione sulla restante parte di 5000 m^2

Calcolando, si ottiene:

Situazione ante operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp^o} = 1000 \text{ m}^2$	
	$Imp^o = 10 \%$	
Superficie permeabile esistente	$S_{perm^o} = 9000 \text{ m}^2$	
	$Per^o = 90 \%$	$Imp^o + Per^o = 100\%$

Situazione post operam

Superficie impermeabile esistente	$S_{imp} = 1000 + 4000 = 5000 \text{ m}^2$	
	$Imp = 50 \%$	
Superficie permeabile esistente	$S_{perm} = 5000 \text{ m}^2$	
	$Per = 50 \%$	$Imp + Per = 100\%$

Indici di trasformazione dell'area

Superficie trasformata/livellata

$$I_t = 4000 + 5000 = 9000 \text{ m}^2$$

$$I = 0,9$$

Superficie (agricola e non) inalterata

$$P_i = 1000 \text{ m}^2$$

$$P = 0,1$$

$$I + P = 1$$

Coefficienti di deflusso

Coefficiente di deflusso ante operam

$$\Phi^o = 0,9 * 0,1 + 0,2 * 0,9 = 0,27 \quad (\Phi^o = 0,9 * \text{Imp}^o + 0,2 * \text{Per}^o)$$

Coefficiente di deflusso post operam

$$\Phi = 0,9 * 0,5 + 0,2 * 0,5 = 0,55 \quad (\Phi = 0,9 * \text{Imp} + 0,2 * \text{Per})$$

Volume specifico di invaso w

$$w = w^o * (\Phi / \Phi^o)^{1/(1-n)} - 15 * I - w^o * P$$

$$w = 50 * 2,037^{1,293} - 15 * 0,9 - 50 * 0,1 \approx 50 * 3,928 - 15 = 177,9 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Volume minimo d'invaso ($w = w^o * S / 10000$)

$$W = 177,9 \text{ m}^3$$

Come si vede nei casi di trasformazione di un lotto già parzialmente urbanizzato (e quindi con una parte di superficie già classificata impermeabile) la formula attribuisce :

50 m³/ha a w^o, cioè alla quota parte esistente anche se non è agricola

15 m³/ha a I, cioè alla parte di superficie trasformata (ampliamento urbanizzato e nuovo verde)

50 m³/ha a P, cioè alla parte di superficie non trasformata, cioè rimasta inalterata, che in questo caso è la parte di 1000 m² già edificata .



**SERVIZI
SISMICI
Snc**

di DONNINI A. & MANTONI F.

Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

**INDAGINI & GEOFISICHE
&
PROVE IN SITO**

PROVE IN SITO:

- Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H
- Prove penetrometriche dinamiche D.P.M
- Prove penetrometriche statiche C.P.T-200KN
- Prove di carico su piastra

INDAGINI GEOFISICHE:

- prospezioni sismiche a rifrazione in onde P-SH
- prospezioni geoelettriche
- prove sismiche M.A.S.W.
- prove sismiche Re.Mi.
- prove H.V.S.R.

Per Informazioni e/o Preventivi: servizisismici@hotmail.it

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEGLI AGGREGATI DI ORIGINE CALCAREA

Ugo Sergio Orazi, Marco Orazi - *Laboratorio Geomeccanico Orazi*

1. INTRODUZIONE

Gli aggregati sono dei prodotti da costruzione e, come tali, necessitano obbligatoriamente, dal 1 giugno 2004, di relativa marcatura CE. La marcatura CE è il principale indicatore della conformità di un prodotto alle normative UE e ne consente la libera commercializzazione entro il mercato europeo. Apponendo il marchio CE su un prodotto, il Produttore dichiara implicitamente di rispettare tutti i requisiti previsti dalla normativa, assumendosi la responsabilità della sua commercializzazione entro lo spazio economico europeo.

La categoria dei prodotti da costruzione è stata oggetto di un processo di armonizzazione della normativa tecnica con l'emanazione della Direttiva Europea 89/106/CEE, approvata il 21 Dicembre 1988 ed emendata il 22 Luglio 1993 dalla Direttiva 93/68/CEE, recepita in Italia con il DPR N246 del 21 Aprile 1993. Attualmente si fa riferimento al regolamento 305/2011, che fissa le condizioni per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la 89/106/CEE.

I prodotti da costruzione si ritengono idonei se possiedono caratteristiche tali per cui le Opere nelle quali devono essere incorporati, montati, applicati o installati, possono soddisfare, se propriamente progettate e fabbricate, i requisiti essenziali previsti dalla Direttiva. I requisiti essenziali che le Opere devono possedere sono:

- Resistenza meccanica e stabilità
- Sicurezza in caso di incendio
- Igiene, salute ed ambiente
- Sicurezza in uso
- Protezione contro il rumore
- Risparmio energetico e ritenzione del calore

Per quanto riguarda gli aggregati, le principali norme europee per l'utilizzo di tali prodotti nelle costruzioni sono:

- UNI EN 13043 Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico
- UNI EN 12620 Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13242 Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di in-

gegneria civile e nella costruzione di strade

- UNI EN 13139 Aggregati per malta
 - UNI EN 13383 Aggregati per opere di protezione (Armourstone)
 - UNI EN 13450 Aggregati per massicciate ferroviarie
- Le norme europee sono state recepite dai decreti del 11/04/2007 e del 16/11/2009, pubblicati rispettivamente in Gazzetta Ufficiale del 19/04/2007 N91 e del 18/02/2010 N40.

Per poter apporre il marchio CE agli aggregati è necessario effettuare una serie di prove di laboratorio che le norme sopra riportate suddividono nelle seguenti tipologie:

Requisiti Geometrici:

- Dimensioni degli aggregati, granulometria e contenuto di polveri
- Indice di forma e appiattimento
- Contenuto di conchiglie

Requisiti Fisici:

- Resistenza alla frammentazione
- Resistenza all'usura
- Resistenza all'urto
- Resistenza alla levigabilità e all'abrasione superficiale

Durabilità:

- Resistenza al gelo/disgelo
- Reattività alcali-silice
- Resistenza allo shock termico

Requisiti chimici:

- Cloruri
- Solfati solubili in acido
- Zolfo totale
- Carbonato
- Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo

Pertanto da 10 anni a questa parte le prove di laboratorio hanno assunto un ruolo riconosciuto indispensabile dalla normativa stessa. Conseguentemente è aumentato sensibilmente l'interesse riguardo le caratteristiche tecniche degli aggregati. In tal senso, è stata sviluppata un'attività sperimentale di laboratorio finalizzata a mi-



Figura 1 - Micro-Deval (tamburo rotante, campione e carica abrasiva)

gliorare la conoscenza dei prodotti inerti naturali del nostro territorio, con particolare riferimento a quelli utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi. In questo breve articolo vengono presentati i risultati ottenuti.

2. PROVE DI LABORATORIO

Nel caso degli aggregati utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi, assumono particolare importanza le seguenti prove di caratterizzazione fisico-meccanica:

- Resistenza all'usura (Micro-Deval)
- Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)
- Valore di levigabilità
- Resistenza all'abrasione superficiale (Dorry)

Nel seguito vengono brevemente descritte le prove sopraelencate, eseguite su tutti i materiali studiati. Per i dettagli si rimanda direttamente alle relative norme europee.

Micro-Deval

Il coefficiente Micro-Deval (MDE) indica la resistenza all'usura. La prova consiste nel misurare convenzionalmente la perdita di massa del campione sottoposto ad un'azione di rotolamento insieme a sfere di acciaio (carica abrasiva) in apposito tamburo rotante (Figura 1), generalmente in presenza di acqua. Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-1.

Los Angeles

Il valore Los Angeles (LA) indica la resistenza alla frammentazione. La prova consiste nel misurare convenzio-

nalmente la perdita di massa del campione sottoposto ad un'azione di rotolamento ed urto insieme a sfere di acciaio (carica abrasiva) in apposito cilindro rotante (Figura 2). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-2.

Levigabilità

Il valore di levigabilità (VL) indica la resistenza all'azione levigante dei pneumatici dei veicoli, in condizioni analoghe a quelle che si riscontrano sul manto stradale. La prova consiste nel valutare lo stato di levigazione raggiunto dal campione dopo essere stato sottoposto ad un'azione di traffico simulato (ruote gommate e sabbie abrasive; Figura 3). Lo stato di levigazione viene valutato attraverso una prova di attrito radente (Figura 4). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-8.

Abrasione superficiale

Il valore di abrasione (AAV) indica la resistenza all'usura superficiale provocata dall'azione abrasiva del traffico. La prova consiste nel misurare convenzionalmente la perdita di massa del campione sottoposto all'azione di una mola a rotazione orizzontale e di un abrasivo (Figura 5). Le prove sono state eseguite in accordo con la UNI EN 1097-8 appendice A.



Figura 2 - Apparecchio Los Angeles

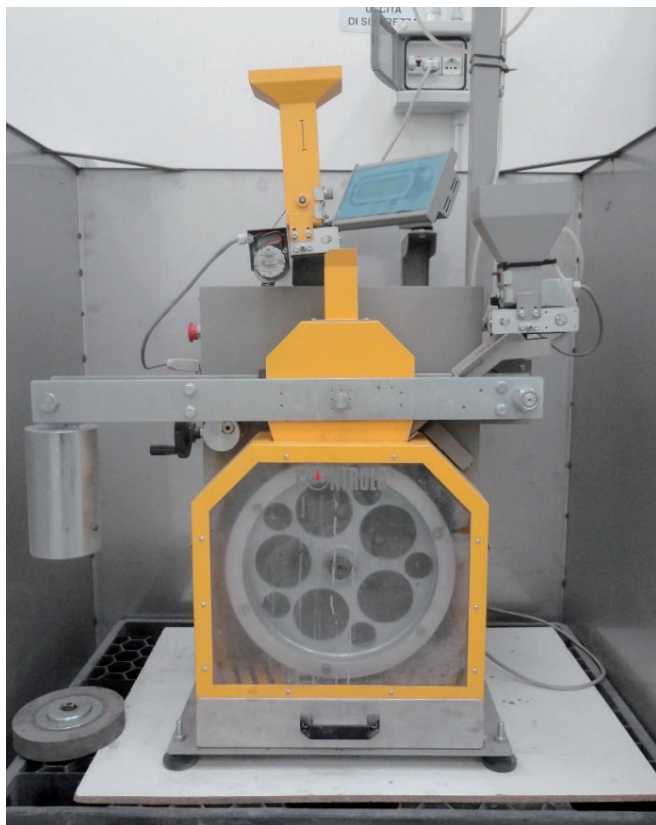


Figura 3 - Macchina per prove di levigabilità

3. MATERIALI

I materiali studiati sono aggregati di natura prevalentemente calcarea comunemente utilizzati nella produzione di conglomerati bituminosi. Si tratta di 25 campioni di aggregati naturali frantumanti, provenienti da depositi alluvionali o da pareti rocciose dell'Italia centrale (Marche, Emilia Romagna e Umbria).

Gli aggregati, che rappresentano la fase solida dei conglomerati bituminosi, sono costituiti dall'insieme di aggregati grossi, aggregati fini e filler. La sperimentazione illustrata si riferisce agli aggregati grossi. Nello specifico alla classe granulometrica 7/10 mm per le prove di levigabilità e alla classe granulometriche 10/14 mm per le prove Micro-Deval, Los Angeles e di abrasione.

4. RISULTATI

Le Figure 6, 7, 8 e 9 mostrano i risultati ottenuti. Riassumendo si può affermare che:

- I valori di MDE risultano compresi tra 12 e 24 con 18 come valore medio
- I valori di LA risultano compresi tra 18 e 33 con 27 come valore medio
- I valori di VL risultano compresi tra 42 e 61 con 51 come valore medio
- I valori di AAV risultano compresi tra 8.8 e 13.8 con 12 come valore medio

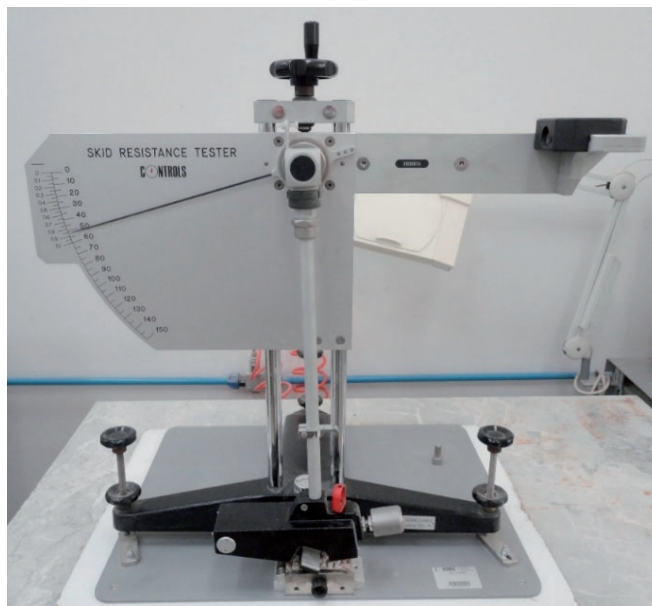


Figura 4 - Pendolo per prove di attrito radente

Con riferimento alla Tabella 1, in cui sono riportati i requisiti minimi richiesti, per tipo di strada e strato della pavimentazione, dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Tutti i materiali soddisfano i requisiti richiesti per strati di base e binder di strade urbane
- Il 70% circa dei campioni rientrano nei limiti di accettabilità per strati di base e binder di strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento
- Il 30% circa dei campioni rientrano nei limiti di accettabilità per strati di base e binder di autostrade e strade extraurbane principali e per lo strato di usura di strade urbane
- Solamente due campioni risultano idonei all'utilizzo tal quale per strati di usura di autostrade e strade extraurbane

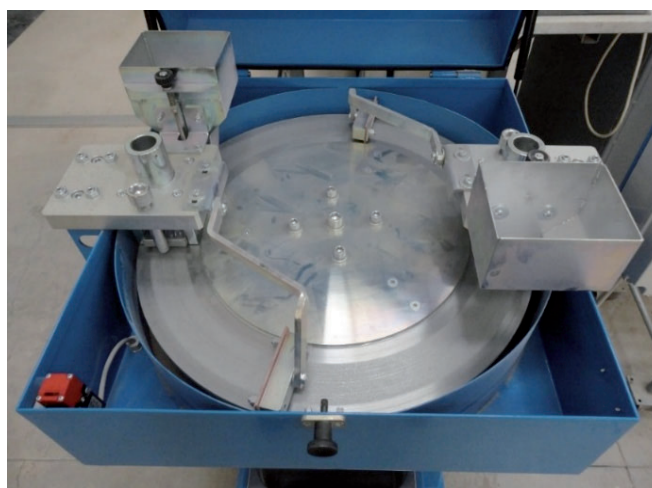


Figura 5 - Macchina per prove di abrasione superficiale (Dorry)

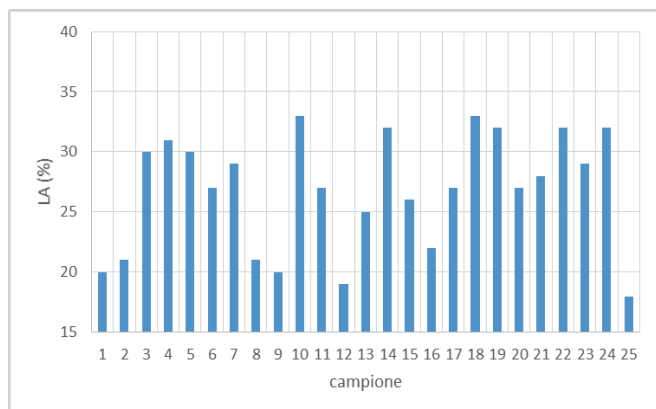


Figura 6 - Risultati delle prove Los Angeles

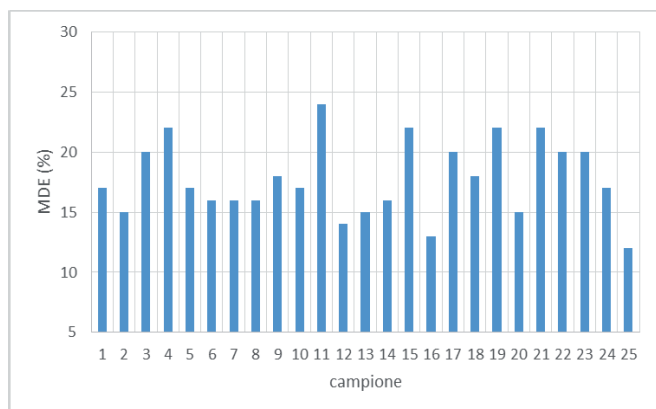


Figura 7 - Risultati delle prove Micro-Deval

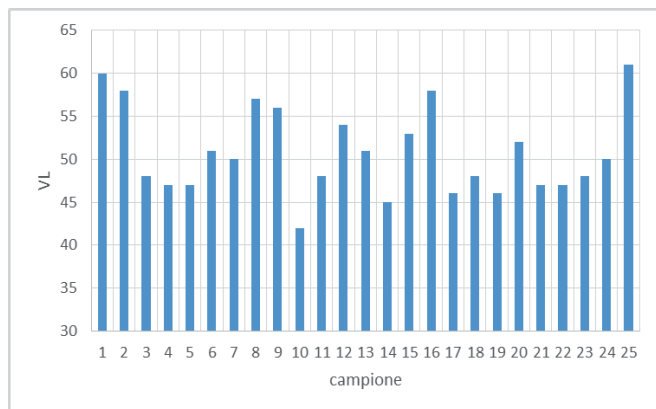


Figura 8 - Risultati delle prove di levigabilità

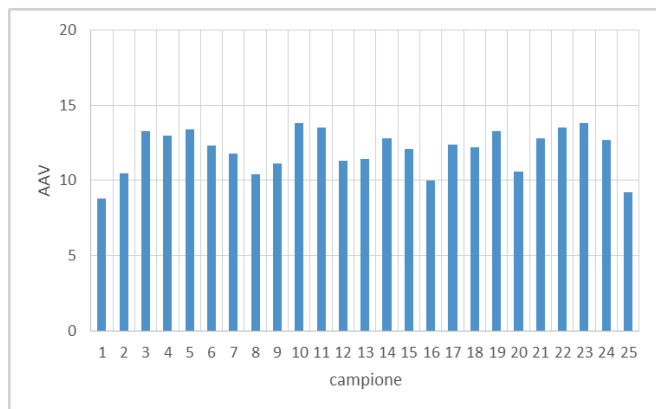


Figura 9 - Risultati delle prove di abrasione

La Figura 10 mostra, nello stesso grafico, i valori di MDE e LA assieme i relativi limiti di Tabella 1.

Per quanto riguarda invece le prove di levigabilità, non sono stati riscontrati valori di VL minori ai limiti richiesti dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo. Questo significa che molti campioni, pur avendo una elevata resistenza alla levigazione, presentano resistenze meccaniche basse in termini di LA e MDE, tali da renderli non idonei ad essere utilizzati negli strati di usura. Anche per ANAS, AUTOSTRADE e CNR i valori di riferimento di VL sono molto simili a quelli di Tabella 1, che pertanto risultano poco restrittivi.

Il metodo AAV invece non viene preso in considerazione nei Capitolati. Questo è dovuto al fatto che la prova di abrasione è ancora poco conosciuta in Italia in quanto è stata solo recentemente introdotta con la UNI EN 1097-8, nella stessa norma della prova di levigabilità. Di fatto la prova di abrasione completa la prova di levigabilità. Infatti il metodo AAV dovrebbe essere applicato quando sono richiesti particolari tipi di aggregati antislittamento suscettibili di subire l'azione abrasiva del traffico, e comunque quando si ottengono valori di VL ≥ 60 .

Dato che in Italia non c'è grande esperienza al riguardo, la prova di abrasione è stata eseguita su tutti i campioni anche se VL ≥ 60 è stato riscontrato soltanto per due di essi. In Figura 11 sono messi in relazione i valori di VL e AAV. Sebbene si nota una certa dispersione dei risultati è comunque evidente una relazione lineare tra i due parametri.

5. CONCLUSIONI

Nel presente articolo sono stati presentati i risultati relativi ad uno studio sulle caratteristiche fisico-meccaniche degli aggregati di origine calcarea svolta, durante l'anno 2014, dal personale del Laboratorio Geomeccanico Orazi.

Dal confronto tra i risultati ottenuti con quanto prescritto dal Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ne è stata valutata l'idoneità ad essere utilizzati per la produzione di conglomerati bituminosi, specificando tipo di strada e di strato della pavimentazione. Tra i parametri indagati, i valori di Capitolato per VL sono risultati poco restrittivi.

Particolare attenzione è stata posta alle prove di abrasione, recentemente introdotte anche in Italia con la norma Europea, mettendone in relazione i risultati con quelli delle prove di levigabilità.

strada	autostrade ed extraurbane principali		extraurbane secondarie e urbane di scorrimento		strade urbane	
strato	base/binder	usura	base/binder	usura	base/binder	usura
LA (%)	≤ 25	≤ 20	≤ 30	≤ 20	≤ 40	≤ 25
MDE (%)	≤ 20	≤ 15	≤ 25	≤ 15	≤ 35	≤ 20
VL		≥ 42		≥ 40		≥ 40

Tabella 1 - Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali

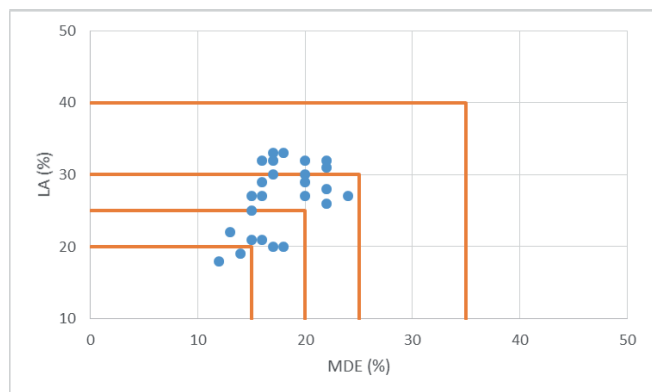


Figura 10 - Valori MDE e LA

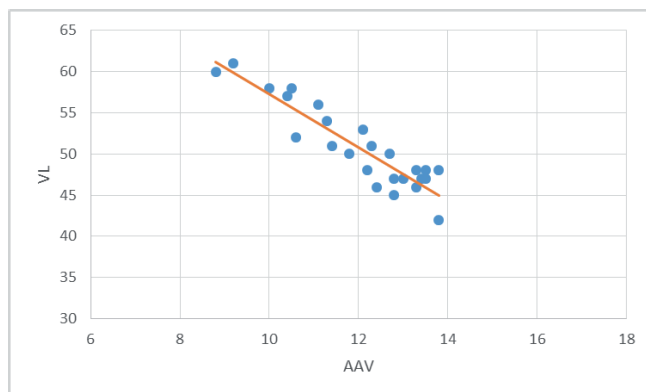


Figura 11 - Relazione tra AAV e VL

BIBLIOGRAFIA

- Capitolato Speciale d'Appalto Tipo per Lavori Stradali - Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali - art.4 - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- UNI EN 1097-1 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della resistenza all'usura.
- UNI EN 1097-2 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- UNI EN 1097-8 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione del valore di levigabilità.
- UNI EN 12620 - Aggregati per calcestruzzo.
- UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico.
- UNI EN 13139 - Aggregati per malta.
- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN 13383 - Aggregati per opere di protezione (Armourstone).
- UNI EN 13450 - Aggregati per massicciate ferroviarie.

LABORATORIO GEOMECCANICO

di Ugo Sergio Orazi

dal 1979

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove di cui all'art. 59 del DPR 380/2001

Terre / Rocce / Aggregati / Prove di carico su palo

Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR)

ASSOCIAZIONE
INGEGNERIA
LABORATORI
GEOTECNICA
ALIG

SOCIUM

ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI GESTIONE PER LA QUALITÀ CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001:2000

SINCERT **DNV**

Via Cairo, snc - 61024 Mombaroccio (PU) - Tel. 0721 470043 - Fax 0721 920260
www.laborazi.it - e-mail info@laborazi.it

Escursione al Sasso Simone e Simoncello “Geologia, natura ... confronto”

Cesare Bisiccia

Il giorno 27 giugno 2015, alle ore 8,30 del mattino, un gruppo di geologi si ritrovava nella piazzetta del Paese di Carpegna, pronto a partire per una escursione che lo avrebbe condotto al Sasso Simone e a vivere una giornata che, pur nella sua semplicità, non verrà facilmente dimenticata da coloro che hanno deciso di prendervi parte.

Capitanati dal sottoscritto e dall'insostituibile collega “del posto” Dott. Geol. Raul Crinelli, che grazie alla sua approfondita conoscenza dei sentieri si è rivelato per me una valida spalla sia nell'organizzazione dell'evento che successivamente sul campo, si è intrapreso il sentiero n.119, che da Carpegna conduce fino al Sasso Simone.

Durante la salita si sono effettuate tre soste durante le quali, mentre gli iscritti riprendevano fiato, la Prof. Olivia Nesci e il Prof. Santolini dell'Università di Urbino, che personalmente non finirò mai di ringraziare per la loro disponibilità e simpatia, hanno illustrato con grande professionalità rispettivamente gli aspetti geologico-geomorfologici e naturalistici dell'area.

Dopo il pranzo si è intrapreso il ripido sentiero che conduce fino alla piatta cima del Sasso Simone, dal quale si può godere una strepitosa vista sul circostante paesaggio della Valmarecchia e sul vicino rilievo del Simoncello.

La scarpinata di ritorno, condotta per i sentieri n.17 e n.123 ha ricondotto l'ormai stanca compagnia al punto di par-

tenza, il Paese di Carpegna, nel quale essa si è allegramente ristorata presso il Caffè Turismo, dove la gentilissima signora Nadia, titolare del locale, aveva preparato una sontuosa merenda incentrata sui prodotti tipici della zona. Un bel sole e un'aria fresca e ventilata hanno certamente fatto bene da sfondo ad una giornata fra colleghi. Provenienti da tutte le provincie delle Marche, i partecipanti, in molti casi insieme alle loro famiglie, hanno potuto condividere per una giornata la passione per la geologia e per l'ambiente naturale e richiamare alla mente quelle emozioni che una volta li spinsero ad iscriversi al corso di Geologia e iniziare quel percorso formativo che li avrebbe condotti a diventare i professionisti di oggi. L'attuale consiglio ORGM si è posto l'obiettivo di organizzare almeno una escursione all'anno come quella effettuata al Sasso Simone e Simoncello o quella dell'anno passato al Lago di Pilato sui Monti Sibillini. Lo scopo di queste giornate è quello di creare coesione all'interno della nostra categoria professionale e sviluppare al meglio quella condivisione di intenti che si può originare solo da un confronto costante e genuino con i colleghi che si trovano a condividere, in particolare nell'attuale situazione di crisi economica, le medesime difficoltà. Personalmente ringrazio tutti i partecipanti, che con la loro presenza hanno reso unica la giornata e premiato il mio impegno nell'organizzarla.



Giornata sui Geo rischi ad Ancona li (ri) conosco, mi difendo

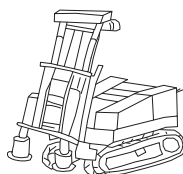
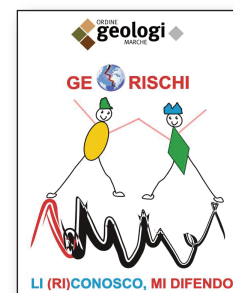
Paola Pino d'Astore

Nata dall'idea del CNG ed in particolare del collega Michele Orifici (Respons. della Commissione Protezione Civile del CNG) la manifestazione ha coinvolto tutti i capoluoghi regionali del territorio nazionale evidenziando non solo l'aspetto scientifico e ludico della giornata ma sottolineando anche la forte volontà di sensibilizzazione degli aspetti gestionali delle calamità naturali da cui lo slogan: li (ri) conosco mi difendo affinché la popolazione sappia come comportarsi in caso di calamità naturali e proteggersi dai rischi e dai pericoli che ne conseguono.

L'evento del 6 settembre ha riunito, forse per la prima volta, un'Italia "geologica" desiderosa di esprimere la passione e la dedizione nell'affascinante mondo della geologia ma anche quello di stimolare la sensibilità verso i rischi geologici che negli ultimi anni caratterizzano sempre di più la nostra penisola e in particolare la nostra bellissima Regione in ter-

mini di rischi sismici, idrogeologici, erosioni costiere. Geologi appassionati, quindi, scesi in tutte le piazze a fare divulgazione per mezzo di esposizione di carte, mappe tematiche, strumentazioni d'indagine del suolo.

Coinvolti nell'iniziativa anche il Dipartimento della Protezione civile delle Marche con il gruppo di volontari della sez. di Ancona, le Università di Camerino ed Urbino, la Regione Marche con il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Dott. Geol. Marcello Principi, il Comune di Ancona con l'Assessore Stefano Foresi, e per ultimi i bambini, i veri attori della giornata, curiosi non solo di ritrovare gli animali preistorici e i fossili ma anche intraprendenti nel disegnare la figura del geologo quale pioniere ed eroe nell'affrontare l'emergenza del territorio e dare così risalto ad una figura forse poco contemplata nell'attuale panorama di gestione territoriale e di politiche territoriali.



INTERGEO s.r.l. - Servizi Geologici

Prove penetrometriche CPT-M / CPT-E / CPT-U / DPSH

Sondaggi - Letture inclinometriche - Campioni indisturbati

Indagini geofisiche: MASW - HVSR - Cono Sismico - Down Hole

Serravalle (RSM) - Via Rancaglia, 37 - Cell. 333 2208376 / www.intergeosm.com - info@intergeosm.com

PRECISIONE e PUNTUALITÀ

PROVE PENETROMETRICHE

STATICHE 20 T

DINAMICHE Dm30 e DPSH

LETTURE INCLINOMETRICHE

strumentazione di prim'ordine
elaborazioni con i programmi più
aggiornati

- professionalità
- competenza
- rapidità
- prezzo

informazioni: Raffaele Achilli 389.57.18.641 - 0733.28.34.69



14 anni di attività nel campo
delle penetrometrie e
4000 prove effettuate
(diffidate di chi improvvisa)



AB Geo

Dott. Geol. Alessandrini Andrea
Dott. Geol. Bassano Francesco

Via Dante Alighieri n°1, 62029 Tolentino (MC)

Partita IVA/Cod. Fisc. 01726570433

e-mail: studiogeologico.abgeo@gmail.com

telefono: 3317656691 - 3802511024 - 3358164581

WWW.ABGEO.ORG

Penetrometrie Dinamiche Superpesanti DPSH
Penetrometrie Statiche (200 kN) CPT
Installazione Tubi Piezometrici
Campionamenti Ambientali

Indagini MASW in Onde di Rayleigh + Onde di Love
Indagini HVSr (analisi passiva a stazione singola)
Analisi congiunta MASW (Rayleigh + Love) + HVSr
Indagini sismiche passive ESAC
Indagini a rifrazione in Onde P e SH



Vi invitiamo a contattarci per info su tutti i servizi offerti e relativi costi
Disponibili a trasferte su tutto il territorio nazionale

Tecnosondaggi

Tecnosondaggi di Claudio Brugiapaglia

Via Abbadia, 39 60027 Osimo (AN)

Tel e fax 071 781840 - 3356686573

P. Iva 01511970426 - C.F. BRGCLD68D03A271M

tecnosondaggi@katamail.com - www.tecnosondaggi.it



- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO IN SPAZI RIDOTTI
- SONDAGGI PER MONITORAGGI AMBIENTALI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH
- PERFORAZIONI MURATURE CON CAROTATRICE HILTY



- INSTALLAZIONE DI TUBI INCLINOMETRICI
- INSTALLAZIONE DI TUBI PIEZOMETRICI DI VARIO DIAMETRO
- INSTALLAZIONE DI FESSURIMETRI A PARETE
- INDAGINI SISMICHE MASW E HVSr



