Terremoti: Attenti agli elementi!
Dettagli che salvano la vita

Guida per gli animatori a cura di
Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

1: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Amministrazione Centrale-Settore Comunicazione e Divulgazione
2: Università di Genova
3: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti, Sede di Genova
4: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli
5: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano

Introduzione

Questa mostra laboratorio è il frutto della collaborazione tra ricercatori dell'INGV, EUCENTRE e dell'Università di Genova e raccoglie il lavoro svolto nell'ambito del progetto KnowRISK (Know your city, Reduce seISmic risK through non-structural elements) rivolto alla prevenzione dei danni agli Elementi Non-Strutturali degli edifici causati dai terremoti. Argomenti che riguardano le Scienze della Terra e l'ingegneria sismica, guidano il vistiatore in un percorso di conoscenza rivolto alla prevenzione del rischio sismico e in particolare alla riduzione della vulnerabilità.
La mostra, realizzata per il Festival della Scienza di Genova, è inserita nel tema dell'edizione 2019, ovvero gli *Elementi,* declinati per nelle diverse discipline e ambiti scientifici.
In *Terremoti: Attenti agli Elementi!- Dettagli che salvano la vita* gli *Elementi* sono le parti in cui è suddiviso un edificio rispetto alla sua risposta sismica: elementi strutturali, portanti, e non-strutturali, non portanti ma che permettoco che un edificio assolva alle sue specifiche funzioni, residenziale, pubblico, industriale. L'attenzione agli elementi passa attraverso dettagli poco noti al pubblico, che vanno dalle caratteristiche del sito ove è posto l'edificio alle azioni di mitigazione del rischio che il singolo cittadino può intraprendere.

La mostra è suddivisa in 3 macro argomenti qui denominati come nell'elencazione delle sezioni di allestimento (se veda sotto): *il terreno e gli edifici*, per evidenziare che uno stesso terremoto può avere effetti diversi in funzione delle caratteristiche del sito; la *risposta dell'edificio*, per mostrare come un edificio si comporti sotto l'azione sismica e quali siano i parametri che possono fare la differenza; *rendere le case sicure*, per guidare il cittadino nel suo percorso verso la convinvenza con il pericolo del terremoto.
Le sezioni in cui è suddiviso l'allestimento sono le seguenti (si veda mappa di allestimento allegata) :

1. Accoglienza
2. Introduzione
3. Terreno ed edifici
4. Risposta dell'edificio
5. Rendere le case sicure
6. Giochi e laboratori;

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

La mostra si compone di pannelli, exhibit, modellini, giochi e filmati che possono essere modulati in fuzione del tipo di pubblico. I pannelli sono indicati per un pubblico adulto e per i ragazzi delle scuole superiori; exhibit e modellini possono essere descritti con un linguaggio adeguato alle diverse fasce d'età; i due giochi sono indicati uno per i ragazzi delle elementari fino alla seconda media e l'altro per i ragazzi a partire dalla terza media; il filmato introduttivo e quello della sezione 5 sono adatti a tutti, quello nella sezione 4 è per un pubblico adulto e scuole superiori.

Questa guida non è esaustiva, contiene suggerimenti per la conduzione del percosro di visita. Sono presenti approfondimenti dedicati ad un pubblico con conoscenze di base e utili alle guide per affrontare eventuali domande.

Sezione 1: accoglienza

Compilazione del questionario

Pannelli 1 e 2 descrivono le due istituzioni che hanno realizzato la mostra

Sezione 2: introduzione

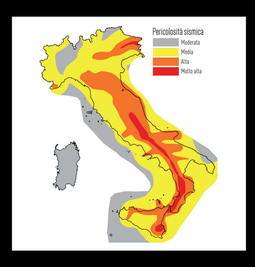
Filmato introduttivo

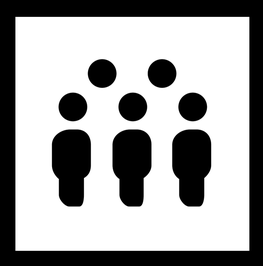
I terremoti hanno costruito e modellato, insieme ad altri fenomeni naturali, il territorio che abbiamo, non si possono fermare, non si possono evitare. Sta a noi essere preparati per evitare che ci procurino dei danni.
Il rischio di subire danni da un terremoto si può ridurre agendo sulla vulnerabilità.

Totem 1: richiama l'attezione sull'argomento generale della mostra, ovvero la vulnerabilità sismica

L'argomento di questa mostra è la VULNERABILITA' degli edifici: attenti agli elementi significa concentrarsi su quegli elementi dei nostri edifici che devono essere resi meno vulnerabili ai terremoti per mitigare il rischio di danni.
Parleremo quindi di elementi e per capire meglio l'argomento ci spostiamo alla prossima stazione.

Sai cos'è il Rischio Sismico?





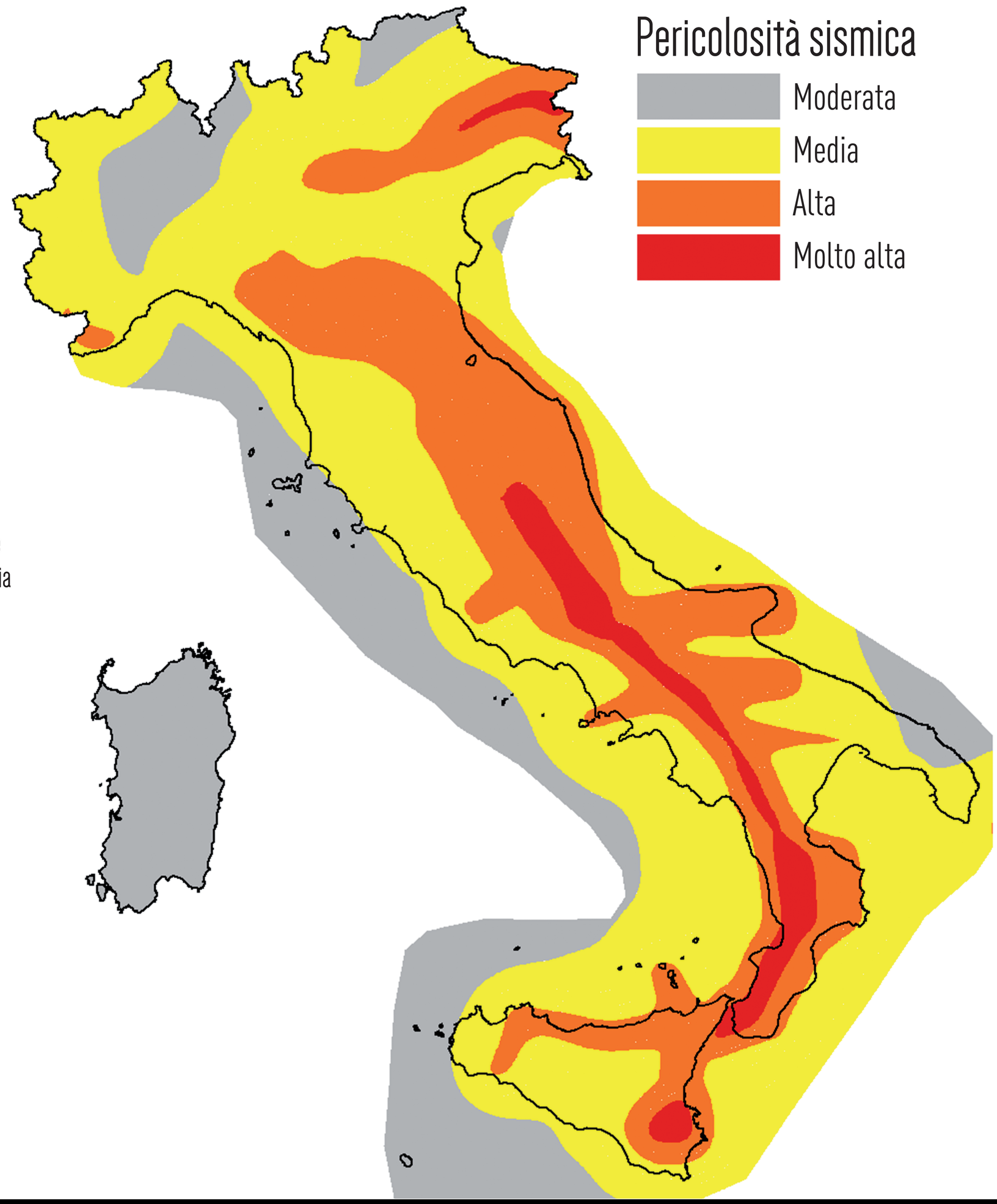
RISCHIO SISMICO = PERICOLOSITÀ SISMICA * VULNERABILITÀ * VALORE ESPOSTO

Possibilità di subire danni da un terremoto

Quanto si potrebbe muovere il terreno a causa di un terremoto

Predisposizione a subire danni

Quanto è importante ciò che è esposto al pericolo



Questa è la rappresentazione divulgativa della mappa ufficiale della pericolosità sismica in Italia MPS04

Fonte: INGV zonesismiche.mi.ingv.it

DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

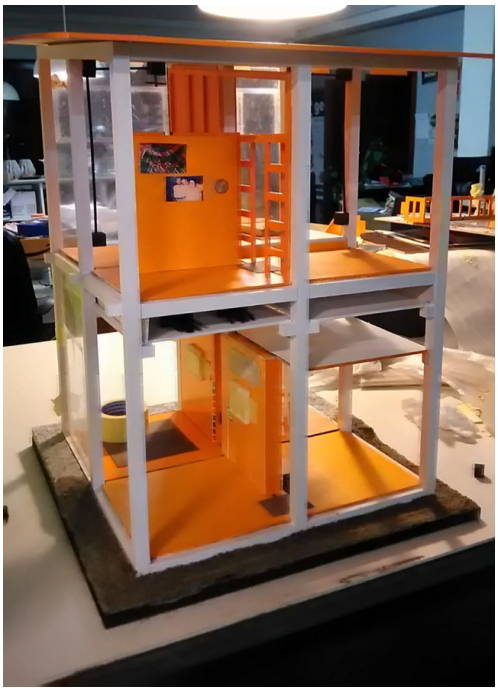
Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Sezione 3: Terreno ed edifici

Exhibit: *scheletro di un edificio*

Questo rappresenta un edificio moderno appoggiato sul terreno.
Procedere la descrizione come segue:

1. questo è il terreno, che può essere roccia o sedimento non consolidato (tipo una sabbia).
2. questo è l'edificio di cui distinguiamo le parti PORTANTI in grigio chiaro (che "sorreggono" l'edificio) come travi e pilastri e le parti NON-PORTANTI (che non sorreggono l'edificio ma lo completano e lo rendono vivibile). PORTANTI= ELEMENTI STRUTTURALI, NON-PORTANTI=ELEMENTI NON-STRUTTURALI. Gli elementi strutturali se danneggiati da un terremoto possono provocare il crollo dell'edificio. Gli elementi non-strutturali sono distinti in parti architettoniche (in arancio), impianti (in nero) e arredi (in bianco). Non provocano il crollo dell'edificio ma il loro danneggiamento può avere conseguenze importanti che potremmo più facilmente evitare.



Pannello 3: *Attenti agli elementi*: **Approfondimento** (Adulti o scuole superiori)

Negli edifici più vecchi gli elementi portanti sono le pareti in muratura (i muri spessi detti "portanti) gli archi, i solai e le volte.

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Attenti agli elementi!

Un edificio è composto da **elementi strutturali e non-strutturali.** I primi sono le parti portanti, cioè i muri, i solai e i pilastri che, se danneggiati, possono provocare il crollo dell'intera costruzione.
Gli elementi non-strutturali sono distinti in parti architettoniche - come muri divisori, controsoffitti e comignoli - impianti e arredi.
Queste parti non sono portanti, pertanto il loro danneggiamento non causa il collasso dell'edificio, ma può renderlo inutilizzabile.
Inoltre, la rottura di elementi non strutturali può ostruire le vie di fuga e porre a rischio la sicurezza di chi vive nell'edificio.
La reazione di entrambi i tipi di elementi alle scosse di terremoto **può dipendere dalle caratteristiche del terreno sottostante.**

COSA:

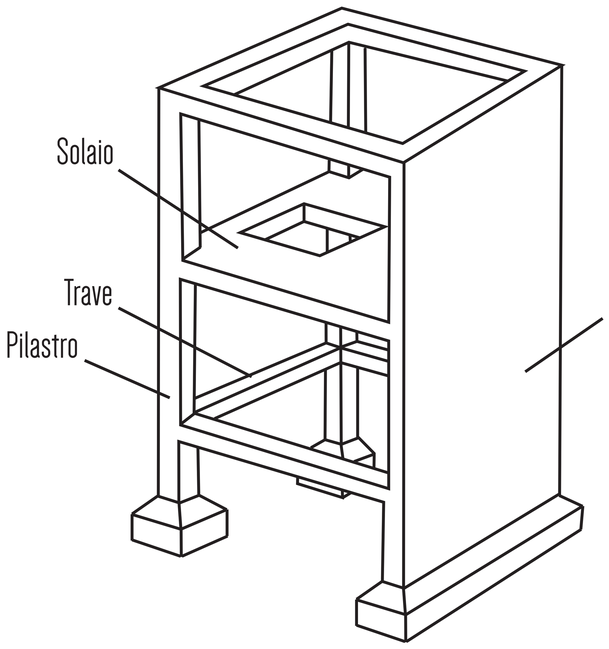
La risposta di un edificio alle scosse di terremoto dipende dalle sue caratteristiche costruttive ma anche dalle proprietà del terreno sottostante.

COME:

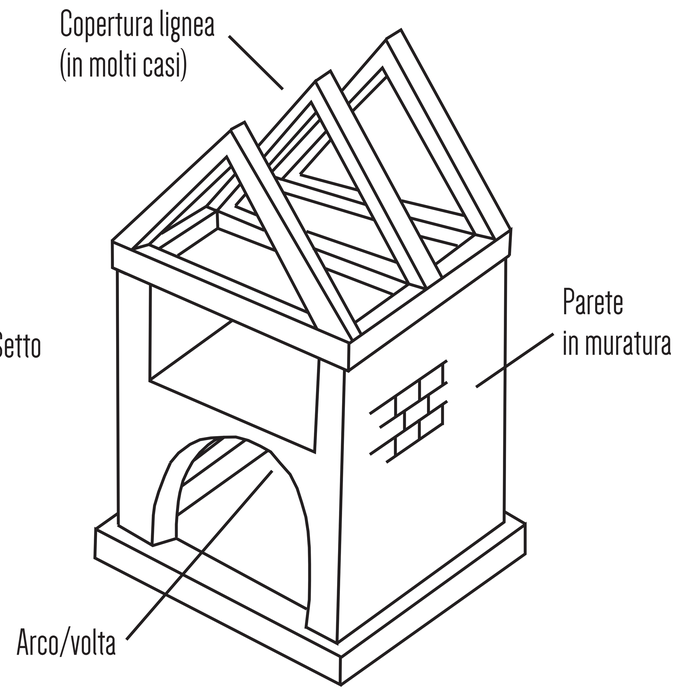
ELEMENTI STRUTTURALI

Gli edifici moderni sono solitamente costruiti in cemento armato. I pilastri, le travi e i solai sono gli elementi portanti che formano il **telaio** dell'edificio cioè il suo scheletro.
Le pareti in mattoni sono elementi strutturali **non portanti**.

Negli edifici antichi gli elementi strutturali portanti sono le pareti in **muratura, gli archi, i solai e le volte**.



Edificio moderno: struttura in cemento armato e parti portanti



Edificio antico: struttura con pareti in muratura portante

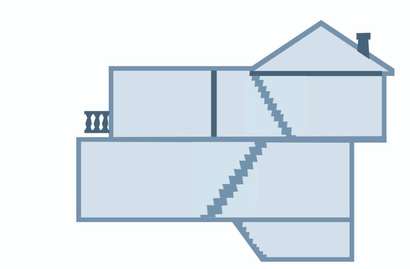
ELEMENTI NON STRUTTURALI

Per entrambi i tipi di edifici, gli elementi non strutturali sono gli **impianti**, le **parti architettoniche** - come muri divisori, controsoffitti, comignoli, ornamenti - e gli **arredi**.
Questi reagiscono alle scosse di terremoto in base a come sono vincolati agli elementi strutturali e a come sono disposti nell'edificio.
Poiché la maggior parte del costo di un edificio è negli elementi non-strutturali, i danni economici derivanti da un terremoto possono comunque essere elevati.

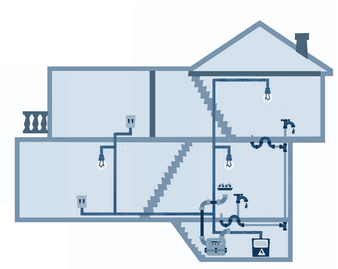
Fortunatamente **la messa in sicurezza degli elementi non-strutturali può avere costi relativamente ridotti.**

Curiosità

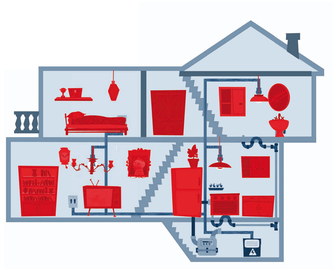
L'ingegneria sismica studia le tecniche per aumentare la sicurezza e diminuire la **VULNERABILITÀ** di un edificio, cioè **la sua predisposizione a subire danni**.



Elementi NON strutturali muri divisori, comignoli



Elementi NON strutturali gli impianti



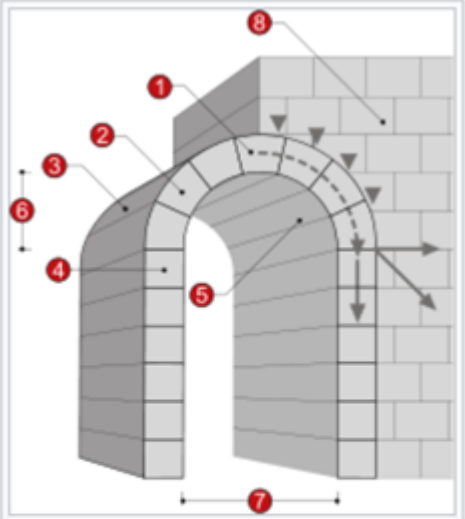
Elementi NON strutturali gli arredi

TERREMOTI
ATTENTI AGLI ELEMENTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Un edificio è composto da elementi strutturali e non-strutturali. I primi sono le parti portanti, cioè i muri, i pilastri, le travi e i solai che, se danneggiati, possono provocare il crollo dell'intera costruzione.

Negli edifici più antichi sono solitamente realizzati in muratura, cioè le parti portanti sono le pareti costruite in mattoni pieni o pietra e malta, non hanno quindi un telaio di travi e pilastri in cemento armato. Spesso i solai e la copertura sono realizzati in legno (un prova per capire se un solaio è in legno è saltellare su di esso, se vibra significativamente probabilmente sarà costruito in legno). Non è raro trovare anche degli orizzontamenti realizzati con delle volte cioè elementi strutturali basati su forme architettoniche anche complesse usate per coprire grossi ambienti. Le due tipologie di volte più diffuse sono la volta a botte e la volta a crociera rappresentate sotto (immagini tratte da Wikipedia).



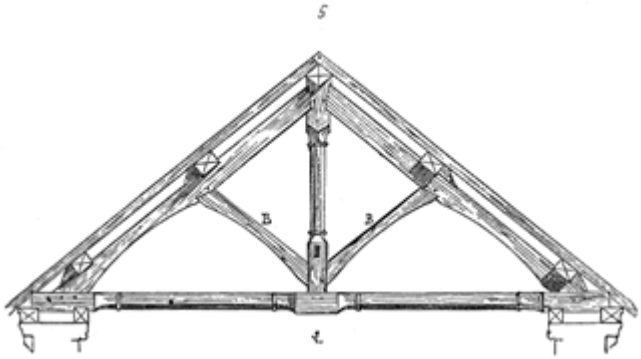
Nomenclatura della volta a botte: (1) chiave di volta; (2) cuneo; (3) estradosso; (4) piedritto; (5) intradosso; (6) freccia; (7) corda; (8) rifinanziamento o.

Volta a botte e nomenclatura degli elementi

Volta a crociera classica (formata dall'intersezione di due volte a botte

In questo tipo di edifici le coperture sono solitamente realizzate in legno o con un sistema di capriate come nell'immagine in bianco e nero sotto (da Wikipedia), oppure con una trave di colmo ed elementi secondari disposti ortogonalmente ad essa (foto sotto, prese da siti internet).

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.



Disegno tecnico di una capriata (da Wikipedia)

Sistema di travi, travetti e tavolato

Esempio capriata

Questo tipo di edifici costituiscono la maggior parte dei centri storici italiani. Solo a partire dagli inizi del 1900 si sono diffuse le costruzioni in cemento armato (in Italia le costruzioni in acciaio o legno non sono molto diffuse) nelle quali la parte strutturale è formata dal telaio (costituito dai pilastri e dalle travi) e dai solai, anch'essi realizzati in cemento armato. Più recentemente si è diffuso l'uso di inserire nei telai dei setti, cioè delle pareti realizzate in cemento armato (una sorta di pilastro allungato) che hanno un buon comportamente in caso di terremoto.

Gli elementi non-strutturali invece sono distinti in: 1) parti architettoniche come i muri divisori, le finiture (pavimenti, porte, finestre, ...), controsoffitti e comignoli 2) impianti (idraulico, elettrico, ecc...) 3) arredi. Queste parti non sono portanti, pertanto il loro danneggiamento non causa il collasso dell'edificio, ma lo rende inutilizzabile. Inoltre, la rottura di elementi non strutturali può ostruire le vie di fuga e porre a rischio la sicurezza di chi vive nell'edificio. Nella maggior parte dei casi, il costo di costruzione di un edificio sta proprio negli elementi non strutturali che sono i primi a danneggiarsi in caso di terremoto.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Pericolosità: è legata solamente alla sismicità del territorio. Pertanto la pericolosità dipende solo da dov'è costruito l'edificio e NON da come è fatto. Per esempio, la pericolosità a Milano è bassa, a L'Aquila è molto più alta.

Vulnerabilità: è legata esclusivamente alle caratteristiche dell'edificio e pertanto NON dipende dal sito dove sorge la costruzione. Rappresenta in sostanza la "fragilità" degli edifici. Due edifici, entrambi costruiti ad esempio a L'Aquila possono essere più o meno vulnerabili, dipende dalle loro caratteristiche costruttive.

Esposizione: indica l'importanza di ciò che è esposto al pericolo sia in termini di persone che possono essere coinvolte (una casa rispetto a una scuola), sia in termine di funzione (un ospedale nella fase emergenziale, una strada primaria per i soccorsi). Pertanto a parità di pericolosità e vulnerabilità, il rischio a cui è sottoposto un ospedale è maggiore di quello di un'abitazione.

Stazione sismologica

Questa è una stazione sismologica. L'apparecchiatura che vedete registra e misura le scosse di terremoto. Far fare un salto.
Mostrare l'accelerogramma. Questa è la registrazione del movimento del terreno prodotto dal vostro salto. In particolare lo strumento ha registrato l'accelerazione del terreno.
Approfondimento: perché l'accelerazione? Un corpo accelera per l'azione di una forza. Per misurare le forze a cui gli edifici devono resistere è necessario misurare l'accelerazione. In particolare le accelerazioni orizzontali sono quelle che danneggiano di più gli edifici, che già sono costruiti per "resistere" a carichi verticali (=forza di gravità) anche se non variabili nel tempo.

Questa accelerazione per uno stesso terremoto può essere diversa se il terreno su cui poggiano le nostre case è fatto di roccia, sedimenti (sabbie) e se c'è acqua.

Spostare il gruppo

Pannello 4: *L'uomo saggio costruisce la sua casa sulla roccia: il fenomeno dell'amplificazione sismica*

Vi siete mai chiesti se un onda di terremoto (sismica) è più forte sulla roccia o sulla sabbia? Se qui i miei piedi poggiano su una roccia dura e (spostarsi) qui appoggiano su sabbia soffice, dove sentirò di più il terremoto?

Le onde sismiche possono essere amplificate dal terreno sotto casa: proprio come avviene con il suono e l'amplificazione si possono sentire più forti o meno forti.
I sedimenti (sabbie) amplificano le onde sismiche e rendono le scosse più forti.

Approfondimento: vedi pannello

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

L'uomo saggio costruisce la sua casa sulla roccia...

In alcune situazioni le onde sismiche possono aumentare di ampiezza.
Nei **centri abitati** posti su **pianure fluviali, antichi laghi o alla foce dei fiumi**, le onde sismiche, risalendo verso la superficie, passano dalla **roccia** dura e profonda ai sedimenti superficiali soffici; qui il movimento del suolo viene amplificato e aumentano i possibili danni agli edifici.
Negli insediamenti su roccia posti su cime o creste, come molti centri storici dell'Appennino, le onde possono invece essere **amplificate** a causa della convergenza delle onde in quella particolare configurazione topografica.

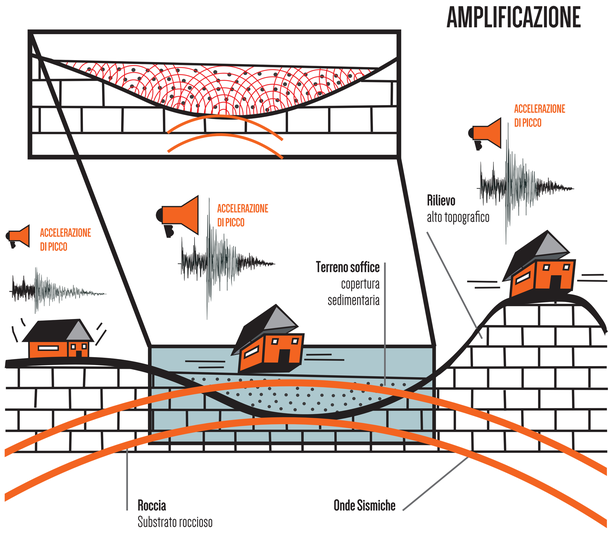
COSA:

L'onda sismica subisce un'amplificazione se, nel suo percorso verso la superficie, passa dalla roccia del substrato ai sedimenti, o se emerge sulla cresta di un rilievo montuoso.

COME:

AMPLIFICAZIONE CAUSATA DAL TIPO DI ROCCIA ATTRAVERSATA

La velocità delle onde sismiche dipende dal tipo di materiale in cui si propagano.
Quando sono in contatto diretto due tipi diversi di materiali (uno duro, sotto, e uno soffice, sopra), **l'ampiezza, la frequenza e la durata dell'onda sismica si modificano**.



Nel materiale soffice, come i sedimenti, le onde rallentano e qui vengono intrappolate.
All'onda in entrata si sommano gli effetti della sua propagazione nel materiale soffice causando **l'aumento dell'ampiezza del movimento del suolo**.

AMPLIFICAZIONE CAUSATA DALLA TOPOGRAFIA

Su una cima montuosa, nell'ultimo tratto del percorso dell'onda sismica, possono verificarsi fenomeni di convergenza e **focalizzazione dell'energia sismica**, simili a quelli che avvengono quando un raggio di sole attraversa una lente concava.

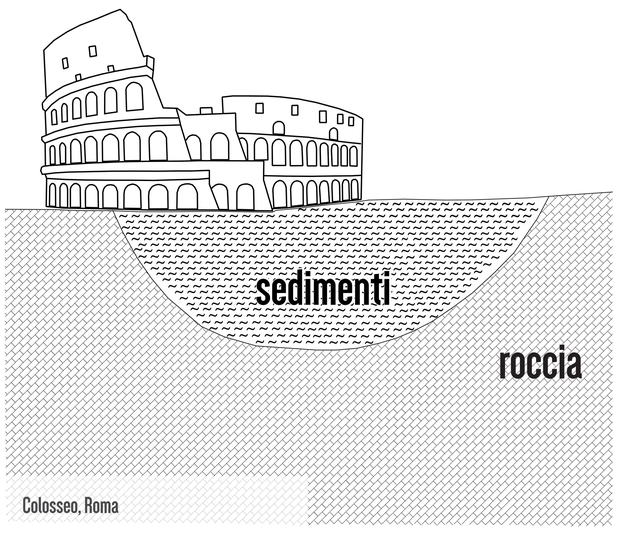
DOVE:

L'amplificazione può essere molto diversa in zone vicine fra loro perché il terreno su cui poggiano gli edifici è molto eterogeneo.
Nelle pianure, dove i sedimenti hanno spessore elevato, vengono amplificate le componenti a bassa frequenza del segnale sismico, causando danni agli edifici alti.

Gli insediamenti su roccia possono invece presentare amplificazione topografica se posti su cime o creste e causare danni soprattutto a edifici bassi.

Curiosità

Il Colosseo ha subito molti terremoti che nei secoli sono avvenuti a Roma e dintorni.



Colosseo, Roma

La parte di Colosseo che meglio ha resistito alle scosse è costruita su roccia; quella più danneggiata è costruita sui sedimenti di un antico lago.

Colosseo, Roma

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Per tutti- Guardate il colosseo: sapere perchè solo una parte è crollata? perchè è quella che appoggia sui sedimenti di un antico lago e che quando avvengono i terremoti amplifica le onde sismiche.

Anche la forma del terreno su cui poggiano le case può amplificare. Avete mai provato a vedere che cosa accade quando i raggi del sole attraversano una lente d'ingrandimento? Possono diventare così "forti" da bruciare un pezzo di carta! Questo avviene quando i raggi colpiscono una superficie fatta "a conca". Nel caso dei terremoti, quando le onde sismiche emergono dal cocuzzolo di una montagna vengono amplificate.

Approfondimento solo per le guide (supporto per eventuali domande)

Quando l'onda sismica attraversa gli ultimi strati di terreno, prima di giungere in superficie, subisce una serie di modificazione di ampiezza, frequenza e durata dovute al passaggio dal substrato roccioso ai terreni di copertura caratterizzati da specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche del sito (proprietà fisico meccaniche dei terreni, geometrie stratigrafiche e morfologia superficiale) . L'insieme di queste modifiche viene indicato con il termine di "risposta sismica locale".
Se il moto sismico alla superficie del sito è maggiore di quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale, si parla di amplificazione. Nel caso contrario si parla di deamplificazione.
Se l'amplificazione è dovuta alle caratteristiche stratigrafiche e geofisiche dei terreni attraversati si parla di amplificazione stratigrafica, se è invece dovuta alla morfologia del terreno in superficie (cresta, colmo, valle, ecc) si parla di amplificazione topografica.
In pratica il terreno agisce come un "filtro" incrementando l'ampiezza del moto sismico in corrispondenza delle frequenze del terremoto prossime a quelle di vibrazione del terreno, secondo i principi della risonanza, e riducendola per le altre.

L'entità dell'amplificazione (o della deamplificazione) e su quali frequenze avviene dipende dalle caratteristiche morfologiche, strutturali, stratigrafiche, geofisiche e geotecniche dei terreni. In particolare l'entità dell'amplificazione dipende dal contrasto di impedenza del terreno [$I=d_{bed}V_{s,bed}/(d_{soi}lV_{s,soil})$ ed è tanto maggiore quanto più deformabile è lo strato di terreno al di sopra del substrato roccioso. La prima frequenza per cui avviene [$f_1=Vs/(4H)$] è tanto più bassa quanto più lo strato è deformabile e di elevato spessore. Si comprende pertanto come le valli alluvionali di elevato spessore amplificano il segnale sismico per basse frequenze (e quindi per periodi elevati) causando danni agli edifici alti. Gli insediamenti su roccia, come molti centri storici, non presentano, invece, generalmente amplificazione stratigrafica. Possono invece presentare amplificazione topografica se posti su colmi o creste.

<u>Pannello 5:</u> *Quando l'acqua fa la differenza: il fenomeno della Liquefazione del terreno*

Se oltre ad esserci sabbia nel terreno c'è acqua guardate che cosa può succedere

<u>EXHIBIT</u> ***liquefazione***

Questa è sabbia bagnata

Prima con il martello: sollecitazione, affiora l'acqua→ liquefazione

Che cosa è successo? ho applicato una forza (spinta) quasi come le onde sismiche.

Vediamo che cosa succede quando riproduciamo un movimento simile a quello della scossa di terremoto.

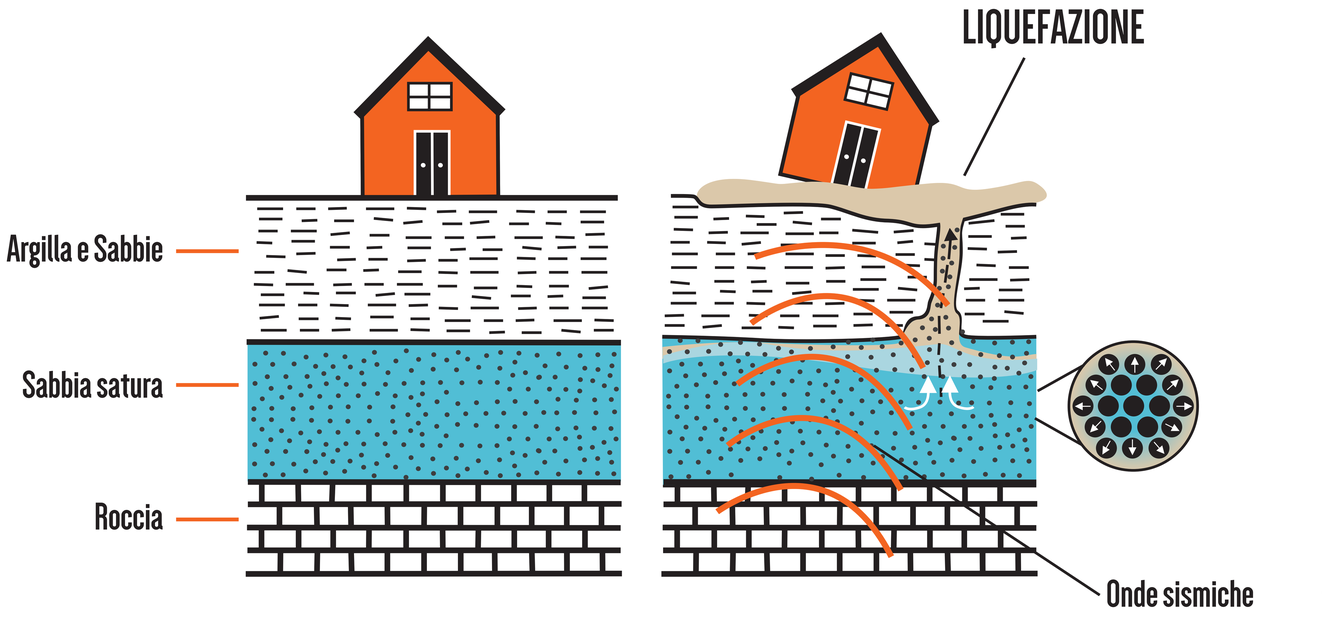
La sabbia diventa liquefatta e sale in superficie. Gli edifici si ribaltano.

Approfondimento: vedi pannello. Ripetere solo le 3 condizioni necessarie per la liquefazione e indicare il disegno. Dire dove ci si può aspettare che avvenga il fenomeno

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Quando l'acqua fa la differenza: il fenomeno della liquefazione

Nelle città costruite in aree sature di acqua, come le pianure fluviali, gli antichi laghi o le foci dei fiumi, i terremoti possono causare la liquefazione del terreno.
Gli edifici si **ribaltano** o **affondano** perché il suolo su cui poggiano le fondazioni perde resistenza.
La sabbia liquefatta può risalire formando i cosiddetti vulcanetti di fango. In Italia il fenomeno della liquefazione è tipico della Pianura Padana.
La presenza d'acqua nel terreno sottostante gli edifici quindi ne aumenta la vulnerabilità.



COSA:

Un terreno sabbioso saturo d'acqua può perdere temporaneamente la sua resistenza e rigidità se è sottoposto a vibrazioni come, per esempio, le scosse di un terremoto. Il terreno si comporta improvvisamente come un liquido viscoso.

COME:

Sono necessarie 3 condizioni:

1. la presenza di sedimenti come le sabbie
2. le sabbie devono essere sature d'acqua. L'acqua deve riempire gli spazi tra i granelli (interstizi)
3. le scosse di terremoto (che causano il movimento e l'accelerazione del terreno) devono essere da moderate a forti.

Nei terreni saturi l'acqua riempie completamente lo spazio tra i granuli ed esercita una **pressione** contro di essi.
Prima di un terremoto, la pressione dell'acqua negli interstizi è in equilibrio con il peso del terreno sovrastante e i granuli sono vicini tra loro. Quando avviene un terremoto, l'onda sismica fa **aumentare** la **pressione** negli interstizi e i granuli si allontanano tra di loro.
Il sedimento perde resistenza e passa improvvisamente allo stato di un liquido viscoso.
Questa pressione può aumentare a tal punto da permettere al sedimento liquefatto di rompere gli strati che lo ricoprono e risalire verso la superficie, formando in alcuni casi i vulcanetti di fango.

In queste condizioni il terreno non riesce più a sostenere in modo omogeneo le costruzioni soprastanti.
Gli edifici possono ribaltarsi e affondare nel terreno.

DOVE:

Avviene nelle zone sismiche poste sulle pianure fluviali e costiere. In Italia è tipica della pianura Padana e ha manifestato i suoi effetti durante i terremoti che colpirono l'Emilia nel 2012.

San Felice sul Panaro, in Emilia dopo il terremoto del 2012, Magnitudo= 6.1.
Le macchie grigie nel prato del campo da calcio sono tracce di liquefazione

Kobe, Giappone, 17 Gennaio 1995 Magnitudo=6.9
la liquefazione del terreno causa il collasso dell'autostrada sopraelevata

San Felice sul Panaro
ingrandimento del campo da calcio.
La liquefazione produce vulcanetti di fango

Curiosità

La liquefazione delle sabbie spesso danneggia i ponti che attraversano i fiumi. Il danno ha conseguenze importanti: nell'immediato provoca vittime, ostacola e rallenta i soccorsi; nel lungo termine limita le attività economiche.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Approfondimento solo per le guide (supporto per eventuali domande)

La liquefazione è un fenomeno diverso dalle sabbie mobili. Il sedimento è ben selezionato (una o comunque poche classi granulomentriche= granuli tutti con le stesse dimensioni) ha una bassa resistenza al carico verticale. Provate ad infilare una matita in un contenitore di granuli di mais e questa entrerà con facilità; provate ad aggiungere farina e la matita faticherà a penetrare. Le sabbie mobili sono sedimenti ben selezionati: i granuli scorrono gli uni rispetto agli altri e si spostano lasciando entrare un corpo.
In un sedimento permeabile (una sabbia) con acqua ha una buona resistenza alla compressione.
Tuttavia se viene sollecitato, come dal passaggio di un'onda sismica, la pressione interstiziale aumenta a tal punto da superare il carico litostatico. Le conseguenze sono due: (1) la sabbia si comporta come un liquido e (2) riesce a spingere verso l'alto. Se sopra lo strato dove avviene la liquefazione c'è uno strato impermeabile la sabbia liquefatta può arrivare a "rompere" lo strati sovrastante e risalire come avviene nelle eruzioni vulcaniche. Si formano i vulcanetti di fango.

EXHIBIT *Modellini di terreno*

Vediamo alcuni esempi.
Niigata, in Giappone: la città è costruita sulla foce di un fiume. Guardate che cosa è accaduto ai palazzi: alcuni si sono ribaltati.
Kobe, Giappone: il ponte attraversa la foce di un fiume. I piloni hanno perso l'appoggio e si sono ribaltati causando il crollo di una parte della sopraelevata
San Felice sul Panaro, in Emilia: caspita il campo da calcio! Qui si sono formati dei vulcanelli di fango che hanno danneggiato il campo

QUINDI: primo passo= conoscere il terreno sotto casa!
Poi conoscere casa

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Sezione 4: Risposta dell'edificio

Pannello 6 (Fronte): *Perché questa casa è crollata e quella no?*

Pannello d' introduzione alla dinamica degli edifici. Fin adesso il focus è stato sul sottosuolo (e quindi lato pericolosità), adesso proviamo a capire perché edifici molto vicini e che quindi, probabilmente, avranno ricevuto un'accelerazione simile, possono mostrare comportamenti molto diversi ad un terremoto (si parla quindi di vulnerabilità).

La magnitudo di un terremoto foirnisce informazioni sull'energia sprigionata dall'evento, ma, dal punto di vista ingegneristico, l'accelerazione che si registra alla base dell'edificio è uno dei primi parametri utili (il secondo è lo spettro di risposta che verrà analizzato successivamente). L'accelerazione generalmente si riduce in base alla distanza dall'epicentro del terremoto e come visto nei pannelli precedenti, è influenzata dal tipo di sottosuolo. Come far capire cos'è un'accelerazione (soprattutto ai più piccoli)? L'accelerazione è una variazione di velocità, ma NON è la velocità, quindi se noi viaggiamo ad una velocità costante di 100 km/h NON siamo soggetti ad accelerazione. L'accelerazione si ha quando passiamo da 0 a 100 km/h (o una decelerazione da 100 a 0). Per capire qual è l'effetto dell'accelerazione su un corpo pensiamo a quello che sentiamo quando siamo in macchina e freniamo bruscamente, il nostro corpo è "spinto" in avanti (in realtà per inerzia cerca di mantenere la sua velocità). Analogamente il terremoto "spinge" avanti e indietro le costruzioni.

I motivi per i quali una costruzione crolla a causa di un terremoto possono essere moltissimi (materiali usati per la costruzione, forma/geometria dell'edificio, epoca e tecnologia di costruzione, interventi successivi, degrado, ecc...), ed è importante fare passare questo concetto e cioè che NON è facile capire "ad occhio" se un edificio è vulnerabile o meno. Di tutto questo non si parla nella mostra, proveremo invece a spiegare un concetto di dinamica strutturale meno noto, e cioè che la massima accelerazione che si registra all'interno di un edificio NON è uguale alla massima accelerazione che si registra al suolo, anzi, contrariamente rispetto a quanto ci si possa immaginare nella maggior parte dei casi è superiore! Questo accade per un effetto chiamato risonanza che è l'oggetto dei due pannelli successivi.

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Perché questa casa è crollata? E perché quella no?

Le caratteristiche del suolo possono aumentare o diminuire le accelerazioni trasmesse dal terremoto ma anche, a parità di accelerazione, ogni edificio resiste in modo diverso.

La tecnologia costruttiva, la storia dell'edificio, il suo stato di degrado al momento del terremoto concorrono a definire le **caratteristiche "dinamiche"** proprie di ogni edificio.

La relazione tra il **movimento del suolo** causato dal terremoto e la **dinamica dell'edificio è decisiva per la sopravvivenza al sisma**.

Petrana, una frazione del comune di Amatrice (RI) in Italia centrale

Petrana, una frazione del comune di Amatrice (RI) in Italia centrale, prima (immagine presa da Google Streetview) e dopo il terremoto del **24 Agosto 2016, Magnitudo=6.1** . Si noti la pessima qualità della muratura nonostante uno stato discreto di conservazione degli edifici. La parte di edificio rimasta in piedi era stata oggetto di un intervento recente.

Amatrice, comune di Rieti

Amatrice (RI) in Italia centrale. Dopo il terremoto del **24 Agosto 2016, Magnitudo=6.1** molti edifici rimasero in piedi, seppur gravemente danneggiati. Le scosse successive e in particolare quella del **30 Ottobre 2016, Magnitudo=6.5**, hanno fatto crollare quasi tutto il centro storico di Amatrice. Tecnicamente si parla di accumulo di danno.

Onna, comune di L'Aquila

Onna, una località del comune di L'Aquila, dopo il terremoto del **6 Aprile, 2009, Magnitudo=6.3**.

Prato, una frazione del comune di Amatrice (RI) in Italia centrale

Prato, una frazione del comune di Amatrice (RI) in Italia centrale, dopo il terremoto del **24 Agosto 2016, Magnitudo=6.1.** Si noti che gli edifici crollati erano in muratura con pietra irregolare.
Si tratta di una delle tipologie di costruzione che peggio resiste all'azione sismica.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Pannello 6 (retro): *Quanto oscilla la mia casa?*

Concetto da far capire: il periodo di vibrazione.

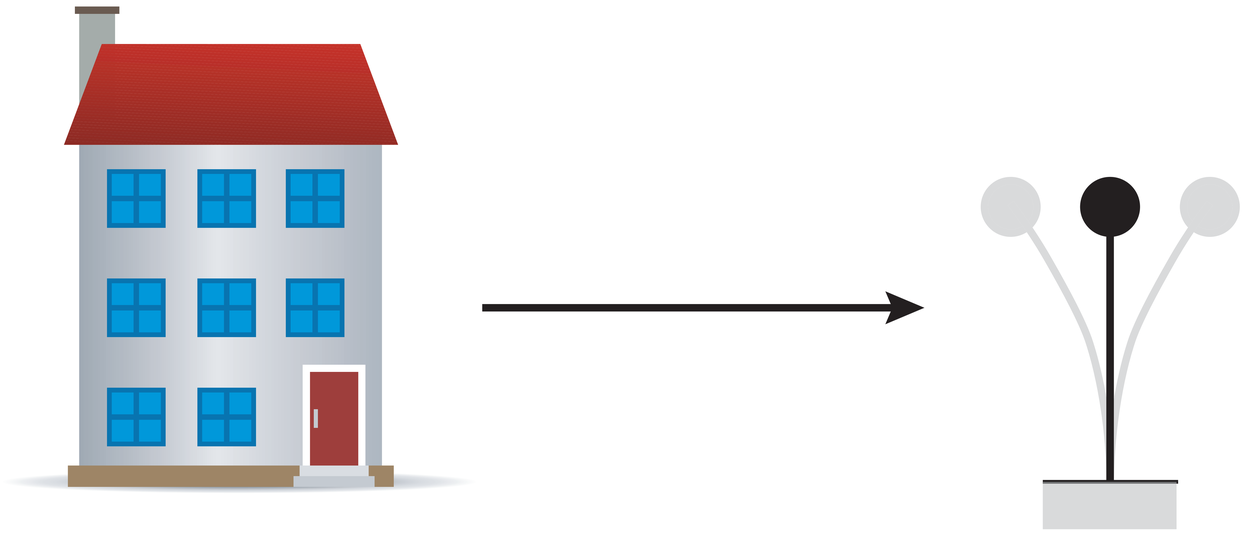
Ogni edificio e, in generale, ogni struttura possiede un proprio periodo di vibrazione. Il modo più semplice per trasferire il concetto è applicarlo al pendolo. Per un pendolo il periodo di vibrazione è il tempo che impiega a compiere un'oscillazione completa. Allo stesso modo, questa definizione può essere estesa a tutte le strutture. Come principio di massima, più un edificio è alto e/o pesante, maggiore sarà il suo periodo, e quindi più lentamente oscillerà in caso di terremoto.

Per comprendere uno dei parametri caratteristici di una struttura possiamo fare riferimento ad un oggetto semplice che tutti abbiamo visto almeno una volta: il pendolo. Se mettiamo in movimento un pendolo, la massa costituita dalla pallina impiegherà un certo tempo per effettuare una oscillazione completa e per ritornare alla posizione di partenza. Questo tempo si definisce periodo.

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

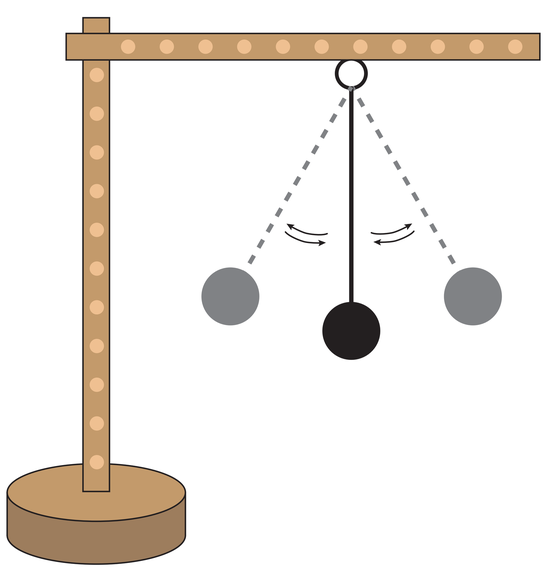
Quanto oscilla la mia casa?

Ogni edificio e, in generale, ogni struttura possiedono un proprio periodo di vibrazione. Per un pendolo il periodo di vibrazione è il tempo che impiega a compiere un'oscillazione completa. Allo stesso modo, questa definizione può essere estesa a tutte le strutture. Come principio di massima, più un edificio è alto e/o pesante, maggiore sarà il suo periodo, e quindi più lentamente oscillerà in caso di terremoto. La conoscenza del periodo di vibrazione risulta fondamentale per capire con quanta forza la nostra casa sarà scossa dal terremoto. Questo è uno dei motivi per cui due edifici simili possono rispondere diversamente all'azione sismica.



COSA:

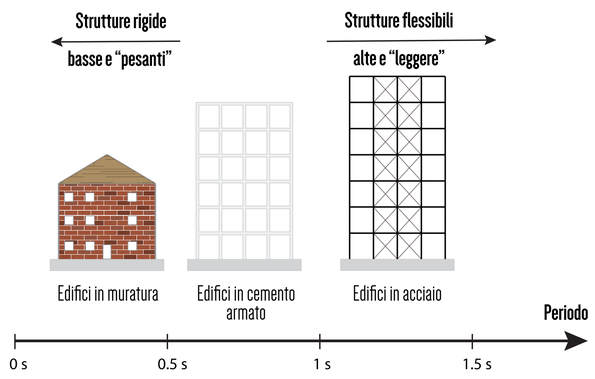
Per comprendere uno dei parametri caratteristici di una struttura possiamo fare riferimento ad un oggetto semplice che tutti abbiamo visto almeno una volta: il pendolo.
Se mettiamo in movimento un pendolo, la massa costituita dalla pallina impiegherà un certo tempo per effettuare una oscillazione completa e per ritornare alla posizione di partenza. Questo tempo si definisce periodo.
Allo stesso modo possiamo pensare al periodo degli edifici, che si comportano come un pendolo capovolto.



COME:

Se immaginiamo di dare una spinta alla sommità di un edificio, esso comincerà a muoversi avanti e indietro fino a fermarsi. Il tempo che impiega a compiere un'oscillazione rappresenta il periodo proprio della struttura.
In generale, edifici più grandi e/o più alti avranno periodi di oscillazione più grandi di edifici piccoli.
La risposta dinamica di un edificio riassume come esso reagisce quando è soggetto alla spinta, azione, delle onde di un terremoto ed è molto influenzata dal periodo proprio dell'edificio.

Gli edifici più rigidi hanno un periodo più piccolo.
Ad esempio, **gli edifici in muratura sono strutture rigide e hanno periodi propri piccoli** che generalmente, per costruzioni alte fino a 5 piani, oscillano fra i 0.15 e 0.5 secondi. **Gli edifici in cemento armato hanno periodi più lunghi** che solitamente si aggirano tra gli 0.3 e 1 secondo, per edifici tra i 3 e i 10 piani. Edifici più alti o realizzati con un **telaio in acciaio hanno un periodo ancora maggiore** che arriva fino a 1.5 secondi o più, quindi oscillano molto più lentamente di tutti gli altri.



Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Allo stesso modo possiamo pensare al periodo degli edifici, che si comportano come un pendolo capovolto.

Cioè, se immaginiamo una di dare una spinta alla sommità di un edificio, questo inizierà ad oscillare avanti ed indietro e il tempo che intercorre fra due oscillazioni è il periodo dell'edificio. In un pendolo il suo periodo aumenta se aumentiamo la sua lunghezza, analogamente in un edificio più questo è alto maggiore sarà il suo periodo. Quali sono i periodi dei nostri edifici? Gli edifici in muratura sono strutture rigide e hanno periodi propri piccoli che generalmente, per costruzioni alte fino a 5 piani, oscillano fra i 0.15 e 0.5 secondi. Gli edifici in cemento armato hanno periodi più lunghi che solitamente si aggirano tra gli 0.3 e 1 secondo, per edifici tra i 3 e i 10 piani. Edifici più alti o realizzati con un telaio in acciaio hanno un periodo ancora maggiore che arriva (molto raramente e solo per gli edifici più alti) fino a 1.5 secondi o più, quindi oscillano molto più lentamente di tutti gli altri.

La conoscenza del periodo di vibrazione risulta fondamentale per capire con quanta forza la nostra casa sarà scossa dal terremoto. Questo è uno dei motivi per cui due edifici simili possono rispondere diversamente all'azione sismica (anche causa della risonanza, vedi pannello dopo).

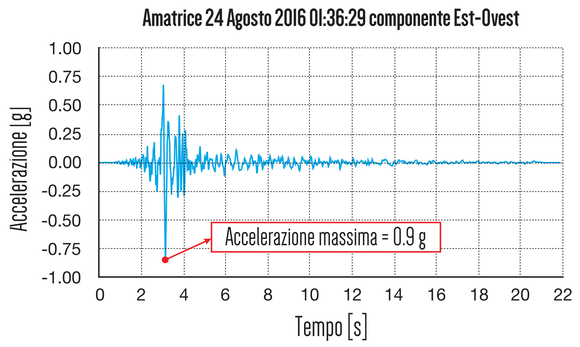
Pannello 7 (Fronte): *Scosse e risonanza*

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

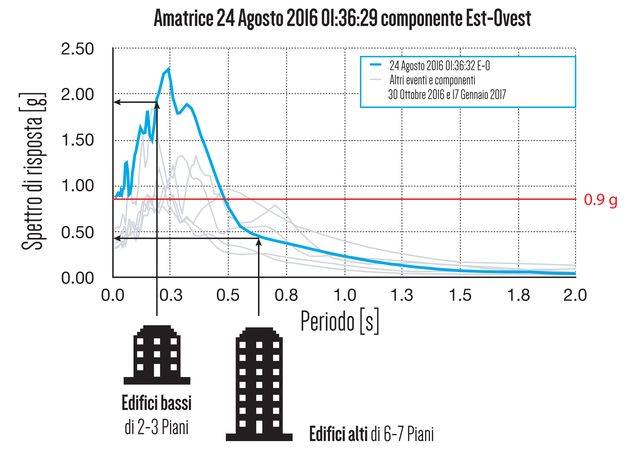
Scosse e risonanza

Come in un'altalena, se durante un terremoto un edificio viene spinto al giusto ritmo dalle onde sismiche, cioè con un particolare perido, può bastare una forza relativamente piccola per causare grandi oscillazioni e, sfortunatamente, danni estesi. Questo fenomeno fisico si chiama risonanza ed è la principale causa dei danni agli edifici in caso di terremoto.
Il giusto ritmo è dato dal periodo di vibrazione dell'edificio.

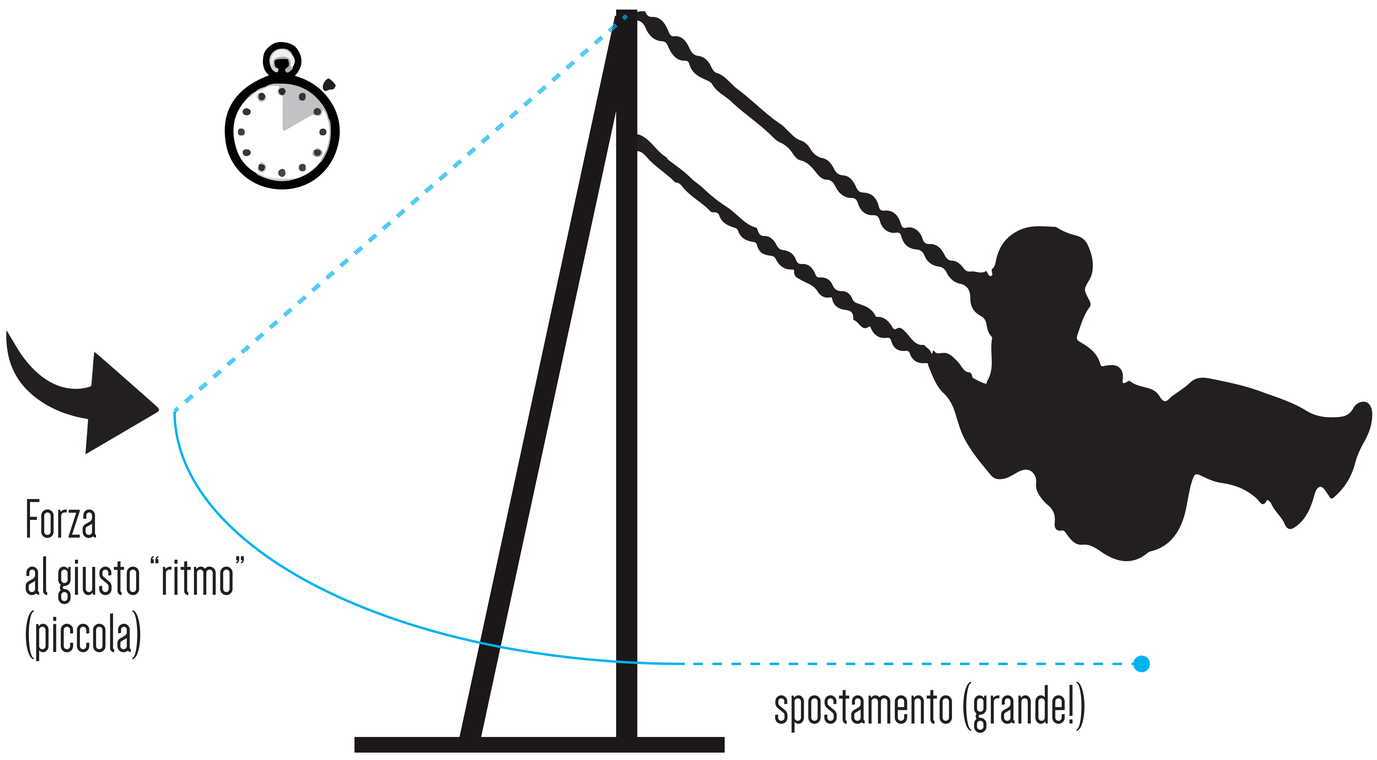


COSA:

Da un punto di vista ingegneristico ciò che di un terremoto più interessa è l'accelerazione massima del movimento del suolo. Questa accelerazione è l'azione sismica che si traduce in **spinte**, per lo più **orizzontali**, che **dalla base si propagano per tutta l'altezza dell'edificio.**
Per valutare quanto forti sono queste spinte si registra l'accelerazione del moto del suolo causata dal passaggio di un onda sismica.



Queste accelerazioni sono in generale diverse da un punto di misura all'altro perché dipendono dalla distanza dall'epicentro, dalla dissipazione dell'energia, dal tipo di terreno attraversato - roccia dura o sedimento soffice - e dalla forma della superficie del terreno - cresta o valle.



COME:

Nella maggior parte dei casi l'**accelerazione massima** durante un terremoto non è la stessa con cui si muove la struttura. Due case apparentemente identiche ma con periodo proprio differente rispondono in modo diverso a una stessa accelerazione, proprio come due pendoli con lunghezza o massa diversa rispondono in modo diverso alla stessa spinta. Ciascun edificio possiede un periodo proprio di oscillazione. La risposta di un edificio all'azione sismica può essere amplificata o ridotta a seconda del periodo proprio di oscillazione della struttura. Questo effetto si può leggere in un particolare grafico che si chiama spettro di risposta.
Generalmente, **edifici alti**, (6-7 piani), **hanno periodi elevati** e sono soggetti ad **accelerazioni minori** di quelle di edifici di 2 o 3 piani, poiché il periodo di vibrazione di queste ultime è più breve.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Concetto da far capire: la risonanza.

Il terremoto lo possiamo caratterizzare in prima battuta con l'accelerazione. Questo parametro lo possiamo ottenere da particolari strumentazioni che sono installate su tutto il territorio nazionale. Quello che viene rilevato è riportato per esempio nell'immagine del pannello. Questo è un accelerogramma sismico in particolare del terremoto di Amatrice del 24 Agosto 2016. Nonostante ogni terremoto sia diverso dagli altri, qualitativamente l'aspetto di una registrazione di un forte terremoto vicino all'epicentro è molto simile a questa.

Per farvi capire meglio abbiamo portato una stazione sismica tipo quelle che sono installate sul territorio nazionale ed è accesa e pronta a registrare. Se facciamo un salto tutti contemporaneamente possiamo notare la lettura in tempo reale delle accelerazioni che stiamo generando. Il valore massimo di questa registrazione è identificato come accelerazione massima o PGA (dall'inglese *peak ground acceleration*), ma questo parametro non è l'unico importante.

Abbiamo capito alla stazione precedente, che possiamo pensare l'edificio come un pendolo. L'altalena, che tutti noi conosciamo, può essere considerata un pendolo. Sappiamo bene che per riuscire ad andare più veloci ed in alto bisogna farci spingere (o spingersi da soli) al momento giusto altrimenti si rallenta. La stessa cosa la possiamo pensare per l'edificio. Se il terremoto "spinge" al momento giusto la nostra casa (che è come il pendolo inverso) sarà sottoposta ad un moto maggiore. Si parla di RISONANZA quando si l'azione che si esercita è tala da far determinare il massimo spostamento nella struttura. Per farvi capire meglio questo aspetto si procede adesso ad una dimostrazione con il **modellino dei pendoli inversi**.

I tre pendoli sono rappresentativi di 3 edifici diversi, la massa all'estremità è uguale per tutti, cambia solo la lunghezza dell'asta. I cubetti sono in ferro e l'aste in acciaio inox. Prima di mettere in movimento la tavola val la pena chiedere al pubblico cosa si aspettano, ad esempio chiedendo domande del tipo: "secondo voi quale di questi pendoli oscillerà di più se mettiamo in movimento la tavola?". La risposta esatta è: DIPENDE. Dipende dal periodo con cui facciamo oscillare la tavola, se la facciamo muovere molto velocemente si vede che oscilla principalmente il pendolo più piccolo, aumentando il periodo oscillerà principalmente il pendolo intermedio e aumentandolo ancora oscillerà solo quello più alto. Questo fenomeno fisico si chiama RISONANZA e spiega perché gli edifici si danneggiano tanto a causa dei terremoti oltre che a capire perché gli edifici si comportano differentemente tra loro.

Per capire quali sono le azioni che è in grado di trasmettere un terremoto alla nostra casa guardiamo un particolare grafico che si chiama SPETTRO DI RISPOSTA. In orizzontale è riportato il periodo di un ipotetico edificio (pensiamo per esempio i nostri 3 pendoli appena visti) e in verticale l'accelerazione massima a cui è sottoposto il nostro edificio (nel caso dei modellini è l'accelerazione alla quale è sottoposto il cubetto in ferro). Capiamo subito che se il periodo dell'edificio è tale da finire nel picco del grafico siamo in presenza di risonanza ossia quello che è accaduto prima con l'esperimento della tavola.

La linea orizzontale mostra l'accelerazione che il terremoto impone all'edificio. Come potete notare gli edifici a periodi bassi (come sono la maggior parte del nostro costruito) subirà

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

un'accelerazione maggiore di quella che il terremoto trasmette mentre per edifici molto alti l'accelerazione risulterà minore. Siccome per la nota legge di Newton il prodotto di massa per accelerazione determina la forza, questo ci fornisce un'indicazione sulle azioni che il terremoto genera sulla nostra casa.

Ogni terremoto (in generale ogni azione) ha un suo spettro di risposta che nel caso di terremoto è molto simile a quello riportato. Ma nel grafico in grigio sono disegnati anche gli spettri della stessa stazione sismica per differenti eventi e direzioni dell'azione e si può notare come le forme possono cambiare significativamente.

Per darvi un'idea di cosa succede macroscopicamente ad un edificio durante un terremoto abbiamo qui una tavola vibrante ed un modellino in scala di un edificio. La tavola vibrante non è altro che un dispositivo che muove avanti e indietro una base rigida con un particolare movimento che ricalca esattamente un terremoto reale.

DIMOSTRAZIONE TAVOLA VIBRANTE

Con la tavola vibrante è possibile assegnare al modellino una forzante armonica oppure un vero e proprio terremoto (vedi guida per l'uso tavola vibrante). La forzante armonica è un'azione periodica, se il periodo di questa azione e vicino a quello dell'edificio si vede che le oscillazioni aumentano in modo significativo.

Pannello 7 (retro)*: Evviva la mia casa ha retto! Ma… attenzione!*

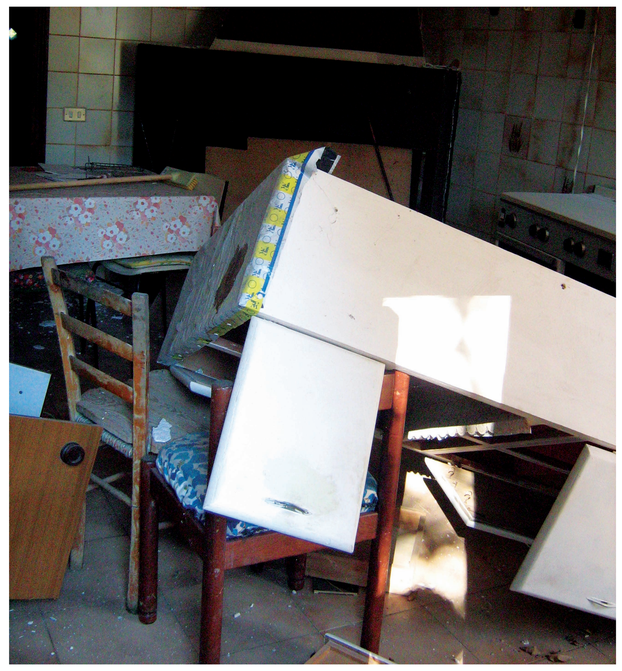
Abbiamo visto che cosa accade agli elementi strutturali, ma quelli non strutturali ?
Approfondimento: costituiscono una quota dei costi costruzione fino al 70%
Qui alcuni esempi di danni (leggere le didascalie)

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Evviva, la mia casa ha retto! Ma... attenzione!!!

Per un edificio resistere a un terremoto dovrebbe essere la regola, ma qualche volta l'integrità della nostra casa non basta per evitare perdite economiche. Infatti anche quando durante un terremoto un edificio non crolla, può accadere che gli elementi non-strutturali vengano comunque danneggiati.
Tra questi, gli **arredi** e le **suppellettili** di case, scuole, uffici, o il **contenuto degli scaffali** di magazzini possono rendere più difficile l'evacuazione o causare, con la loro caduta, ferite. Il costo per la riparazione di questi danni può essere notevole.

Interno di una camera da letto dopo il **terremoto di Finale Emilia del 20 maggio 2012, Magnitudo=6.1**.
Le pesanti mensole sono cadute sul letto insieme agli oggetti che vi erano appoggiati.
I danni hanno anche reso difficile l'evacuazione.



Interno di una cucina dopo il t**erremoto di Amatrice del 24 Agosto 2016, Magnitudo=6.0**.
I mobili si sono staccati dal muro.

Interno di una bagno dopo il **terremoto di L'Aquila del 6 Aprile 2009, Magnitudo=6.3**.
L'azione sismica è stata tale da produrre il ribaltamento della lavatrice.

Interno di un soggiorno dopo il t**erremoto di Northridge in California (USA) del 1994, Magnitudo=6.7**.
La libreria ribaltandosi ha bloccato l'uscita.

Il **terremoto del 20 maggio 2012, Magnitudo=6.1**.
che ha colpito l'Emilia ha prodotto molti danni nei magazzini che contenevano il Parmigiano Reggiano.
Circa 100.000 forme di formaggio sono cadute o rimaste incastrate tra i ferri e macerie, da dover richiedere l'intervento dei Vigili del Fuoco.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Sezione 5: Rendere le case sicure

Pannello 8*: Rendiamo sicure le nostre case: gli elementi strutturali*

Una domanda che sicuramente vi potranno fare è: “la mia, è una casa di 3 piani in cemento armato del 1960, resiste al terremoto?”. Come abbiamo capito la propensione di danneggiarsi di un edificio dipende da due aspetti, la vulnerabilità dell’edificio e dalla pericolosità associata al sito dove sorge la costruzione. Sul secondo aspetto non si può fare molto mentre sul primo si può fare tantissimo.

Se ci troviamo in una zona ad alta sismicità, ossia le zone arancioni-rosse della mappa vuol dire che abbiamo una buona probabilità di “sentire” un terremoto (medio-forte) nell’arco della nostra vita. Quindi dobbiamo prepararci alla possibilità che accada ed essere sicuri che anche la nostra casa lo sia!

Pertanto ognuno di noi svolge un ruolo cruciale nella messa in sicurezza delle nostre case e delle nostre città. È necessario agire prima che il prossimo terremoto avvenga – prevenire - per fare in modo che le nostre abitazioni siano pronte. La prevenzione comprende diversi livelli di azione che partono dall’essere informati sui passi necessari per migliorare la sicurezza della propria casa.

Il **primo** di questi passi è quindi conoscere la pericolosità sismica della propria zona e per questo è opportuno consultare la mappa della pericolosità sismica d’Italia. Il **secondo** passo è conoscere la vulnerabilità della propria abitazione; il **terzo** passo è intervenire attraverso le possibilità che l’ingegneria sismica offre per migliorare la sicurezza.

Il **concetto importante** da far passare è che si può fare qualcosa per mettere in sicurezza il costruito esistente. Occorre però essere informati e considerare la casa dove viviamo alla stregua di un paziente malato. Per capire che tipo di malattia ha e come intervenire per combatterla serve un giudizio “medico”, che nel caso delle costruzioni è dato da tecnici competenti in ingegneria sismica. Come nella similitudine medica, se noi stiamo male, non aspettiamo a casa nella speranza che arrivi il dottore. Dobbiamo chiamarlo noi. Fare questo vuol dire già fare prevenzione.

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Rendiamo sicure le nostre case: gli elementi strutturali

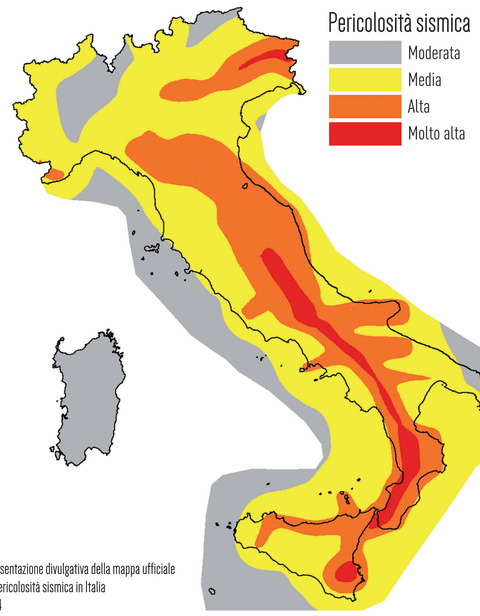
Ognuno di noi svolge un ruolo cruciale nella messa in sicurezza delle nostre case e delle nostre città. È necessario agire prima che il prossimo terremoto avvenga – **prevenire** - per fare in modo che le nostre abitazioni siano pronte.
La prevenzione comprende diversi livelli di azione che partono dall'**essere informati** sui passi necessari per migliorare la sicurezza della propria casa.
Il primo di questi passi è **conoscere la pericolosità sismica** della propria zona e per questo è opportuno consultare la mappa della pericolosità sismica d'Italia.
Il secondo passo è **conoscere la vulnerabilità** della propria abitazione; il terzo passo è intervenire attraverso le **possibilità che l'ingegneria sismica offre per migliorare la sicurezza**.

COSA:

La messa in sicurezza delle nostre città è nelle nostre mani. La scienza possiede un'adeguata conoscenza del terremoto in quanto fenomeno e delle sue conseguenze sulle costruzioni; la tecnologia ha trovato soluzioni innovative per la riduzione della vulnerabilità.

COME:

Ogni costruzione/edificio è come un paziente, differente da tutti gli altri, e come tale la sua terapia deve essere necessariamente specifica e tarata su di esso. È quindi necessario un giudizio da parte di un tecnico abilitato



Rappresentazione divulgativa della mappa ufficiale della pericolosità sismica in Italia
MPS04

in materia, giudizio che non può essere generalizzato. Capire se la nostra casa è "sicura" non è un compito affatto semplice, ma si può fare a piccoli passi.

INFORMARSI

Il punto di partenza è sapere il livello di pericolosità sismica della zona in cui abitiamo.

CONOSCERE

È necessario poi conoscere bene la nostra casa: materiali usati, epoca di costruzione, se ha subito interventi e se questi sono stati effettuati da tecnici abilitati (esperti in ingegneria sismica), stato di manutenzione e il terreno su cui è costruita.

INTERVENIRE IN MODO ADEGUATO

Tra gli interventi di rinforzo, la scelta è vasta, ma ogni intervento è adeguato a una particolare situazione. Quelli che seguono sono solo degli esempi di intervento che possono essere applicati in funzione delle caratteristiche dell'edificio.

- Realizzazione di pareti di taglio
- Miglioramento delle qualità dei materiali
- Aumento delle sezioni resistenti
- Isolamento alla base
- Inserimento di controventi
- Miglioramento delle connessioni

Gli isolatori (in nero) sono posti al di sotto dell'edificio. I movimenti orizzontali del terreno non si trasmettono all'edificio

Esempio di intervento di rinforzo su edificio in cemento armato. La croce (controvento) d'acciaio aumenta la resistenza della struttura all'azione sismica.

Non sempre gli interventi di rinforzo hanno l'esito sperato. Il telaio in acciaio realizzato all'interno di quest'edificio ha resistito all'azione sismica ma la muratura esterna di rivestimento era di pessima qualità quindi è totalmente disgregata.

Il tetto pesante appoggiato su un telaio di rinforzo in acciaio ha contribuito al deterioramento della struttura.

Curiosità

Ogni anno si tengono nelle piazze italiane giornate di informazione sulla prevenzione sismica. In alcuni casi, come nell'ambito della campagna DIAMOCI UNA SCOSSA, è possibile richiedere una **visita tecnica gratuita** di un professionista per conoscere lo stato dell'immobile e le possibili alternative di intervento.

TERREMOTI
ATTENTI AGLI ELEMENTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

Una volta che un tecnico competente ha appurato delle carenze in termini di sicurezza esistono molteplici soluzioni per garantire la nostra incolumità in caso di evento sismico. A titolo di esempio (assolutamente NON esaustivo) sono stati riportati nel pannello alcuni degli esempi d'interventi che si possono applicare al costruito esistente:

• Realizzazione di pareti di taglio: cioè inserire delle nuove pareti in un edificio che si prenderanno carico della maggior parte delle sollecitazioni sismiche (soprattutto negli edifici a telaio in cemento armato o in acciaio)

• Miglioramento delle qualità dei materiali: ad esempio negli edifici in muratura la qualità della muratura può essere molto scadente, ad esempio quando si ha della malta debole che si "sfarina" o negli edifici in cemento armato utilizzare materiali innovativi come i materiali compositi (sono materiali costituiti da fibre di diverse nature (aramide, carbonio, vetro, basalto, acciaio …) in una matrice generalmente polimerica o inorganica) che migliorano la resistenza ma anche la capacità di spostamento. Applicati generalmente ai nodi

• Aumento delle sezioni resistenti: cioè "ingrossare" pilastri o pareti che già esistono

• Isolamento alla base: gli isolatori sono dei dispositivi che "staccano" l'edificio dal suolo, così la maggior parte delle accelerazioni non viene trasmessa alla struttura

• Inserimento di controventi: elementi ad "X" inseriti solitamente nei telai per aumentarne la resistenza (vedi foto pannello)

• Miglioramento delle connessioni: soprattutto negli edifici con parti pre-fabbricate (vedi quello che è successo in Emilia Romagna nel terremoto del 2012 ai capannoni industriali).

È anche importante far capire l'importanza nell'affidare la scelta dell'intervento ad un tecnico competente, altrimenti può capitare di ritrovarsi in situazioni come questa qui sotto dove in intervento fatto con l'inserimento di telai in acciaio non ha sortito l'esito sperato. Infatti il telaio in acciaio realizzato all'interno di quest'edificio ha resistito all'azione sismica ma la muratura esterna di rivestimento era di pessima qualità e quindi si è totalmente disgregata. Poi il tetto pesante appoggiato su un telaio di rinforzo in acciaio ha contribuito al deterioramento della struttura.

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Come trovare un tecnico esperto? La soluzione più facile è chiede informazioni all'ordine professionale della propria provincia che saprà indirizzarvi verso le figure tecniche più adatte al vostro caso.

Inoltre, ogni anno si tengono nelle piazze italiane giornate di informazione sulla prevenzione sismica. In alcuni casi, come nell'ambito della campagna **DIAMOCI UNA SCOSSA**, è possibile richiedere una **visita tecnica gratuita** di un professionista per conoscere lo stato dell'immobile e le possibili alternative di intervento. Questa campagna solitamente è nel mese di novembre di ogni anno.
https://www.giornataprevenzionesismica.it/
https://www.giornataprevenzionesismica.it/diamoci-una-scossa/

Pannello 9*: Rendiamo sicure le nostre case: gli elementi non-strutturali:*

Prima del pannello fa vedere il filmato "Sposta-Proteggi-Fissa"
Commento al filmato: sono 3 azioni che non richiedono l'intervento di un ingegnere

Al pannello: Adegua è l'ultimo passo (indicare il pannello) che permette di avere un alto livello di sicurezza contro il danno agli elementi non strutturali, parti architettoniche e impianti, ma necessita l'intervento di un ingegnere.
Non deve essere descritto nel dettaglio. Esporre solo quanto presente nel riquadro arancione.
E' introduttivo per l'area giochi e molte parti dell'immagine sono le carte da gioco

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

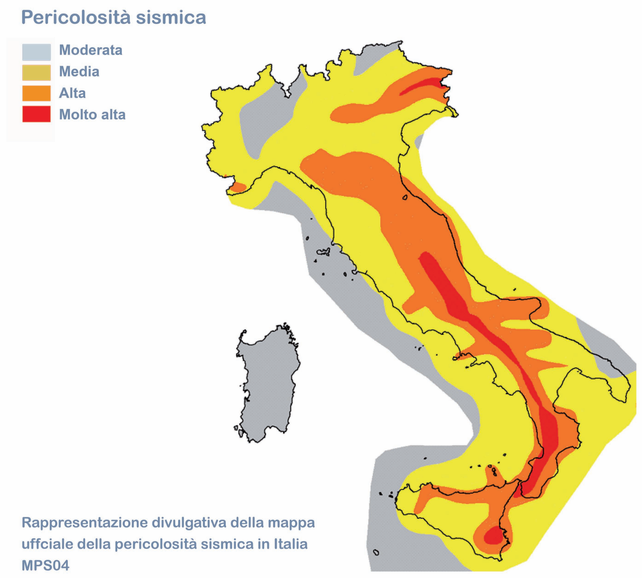
Rendiamo sicure le nostre case: gli elementi non-strutturali

La messa in sicurezza degli elementi non-strutturali degli edifici ha un costo minore di quella relativa agli elementi strutturali. In alcuni casi non sono nemmeno necessarie competenze specifiche.

Segui queste semplici regole:

- **SPOSTA** oggetti che potrebbero colpirti e mobili che potrebbero bloccare le vie di fuga
- **PROTEGGI** oggetti fragili di valore
- **FISSA** oggetti che potrebbero colpirti; fissa mobili alti alla parete
- **ADEGUA** la tua casa: rivolgiti ad un esperto per gli interventi più impegnativi

Come preparare la tua CASA se vivi in una zona soggetta a TERREMOTI



Rappresentazione divulgativa della mappa uffciale della pericolosità sismica in Italia MPS04

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia · TECNICO LISBOA · LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARA CV · EARTHQUAKE ENG NEER NG RESEARCH CENTRE UNIVERSITY OF ICELAND · DGECHO · www.knowriskproject.com

TERREMOTI
ATTENTI AGLI ELEMENTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

Sezione 6: Giochi e laboratori

Si entra qui a mostra terminata. Giochi e laboratori sono escusivamente dedicati all riduzione della vulnerabilità degli elementi non-strutturali arredi.
Il percorso è diverso per le due fasce d'età a cui è rivolta la mostra: scuole elementari e medie: scuole superiori ed adulti
Il **pannello 10** è solo un richiamo alla discussione del danno non-strutturale sugli arredi. Il pannello è rivolto ai ragazzi.

1. Scuole Elementari e Medie

Parteciperanno al laboratorio "casette" e al gioco delle differenze.

➔ **Laboratorio casette**

Si svolge davanti al simulatore manuale dello squotimento sismico (tavola vibrante ad azione manuale)

i. dividere in 4 gruppi
ii. Chiedere di arredare la propria cameretta
iii. Simulare l'azione sismica (muovere solo da due lato adiacenti)
iv. Usare i cartelloni (qui sotto) per commentare i danni: ogni gruppo sceglie i cartelloni e commenta

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

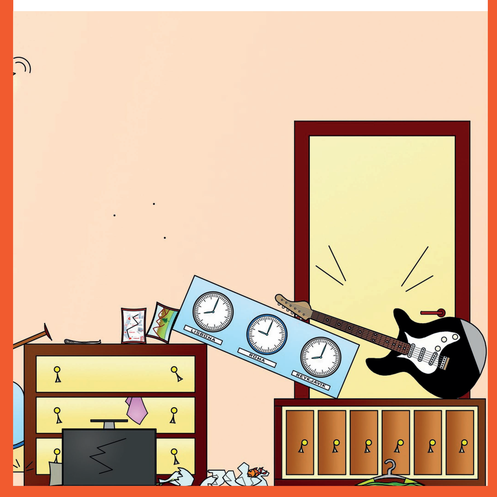
Meglio pensarci prima!

La prevenzione è fondamentale.
Anche gli arredi possono venir danneggiati dalla scosse di terremoto. I mobili possono ribaltarsi e **bloccare le vie per uscire** di casa.
Anche i soprammobili, i vetri e gli specchi rotti rendono più difficile l'evacuazione, soprattutto se avviene di notte e non c'è corrente elettrica.
I mobili e i soprammobili più pesanti cadendo **possono colpire e ferire**.

In ogni caso, anche se la tua casa non è crollata (ma può essersi danneggiata molto) e nessuno si è fatto male, **dovrai spendere molto denaro per sistemare tutto** dopo il terremoto.

Se si ribalta un armadio
si bloccano le vie d'uscita

Se si rompono gli oggetti a cui teniamo di più
dovremo ricomprarli o spendere soldi per ripararli



Gli oggetti caduti rendono
difficile il movimento dentro la stanza

Se cadono oggetti pesanti
si potrebbero avere dei feriti

ATTENTI AGLI ELEMENTI
TERREMOTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

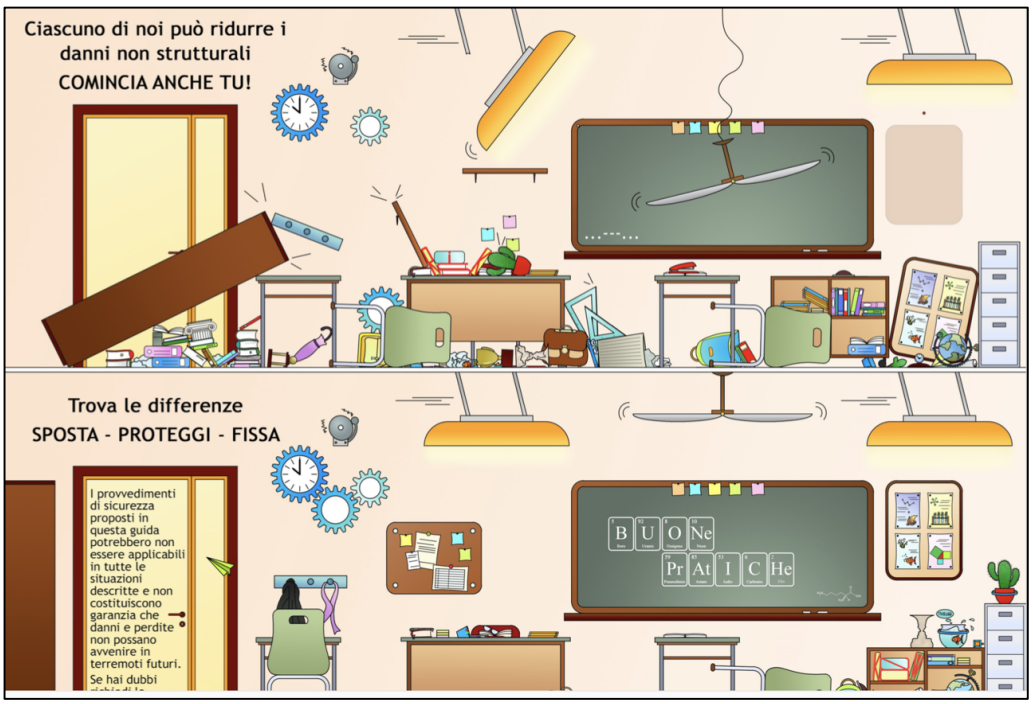
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

TERREMOTI
ATTENTI AGLI ELEMENTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

➔ Gioco delle differenze

Ora vediamo come si può fare per ridurre la VULNERABILITA' degli arredi di casa o scuola
i 4 gupppi ciascuno davanti ad uno dei totem (figure qui sotto)
Sopra: la stanza senza aver ridotto la vulnerabilità
Sotto: la stanza con al riduzione della vulnerabilità
arriva l'oda sismica: trova le differenze e segnale con i magneti
Discuti le differenze



Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

2. Scuole superiori e adulti

Parteciperanno al laboratorio “casette” e al gioco con le carte “do it right: be safer!”

➔ **Laboratorio casette**

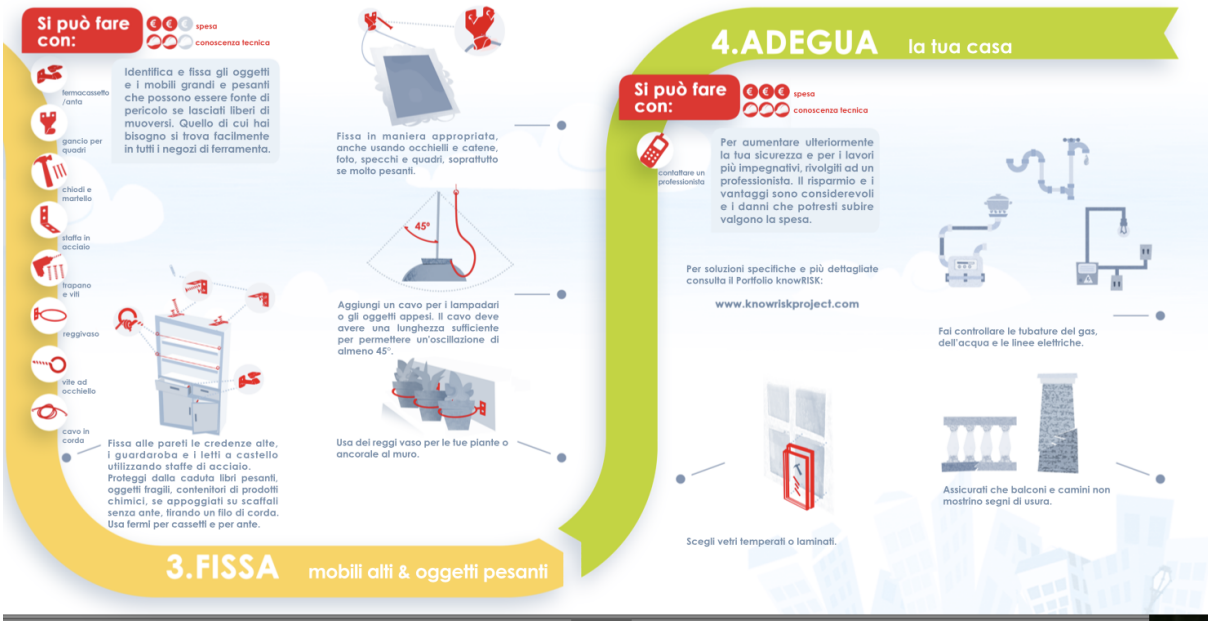
Si svolge davanti al simulatore manuale dello squotimento sismico (tavola vibrante ad azione manuale)

I. dividere in 4 gruppi
ii. Chiedere di disporre gli arredi in modo da minimizzare la vulnerabilità legata agli arredi
Iii. Simulare l’azione sismica
IV. Far commentare: che tipo di danni? Feriti o economici? Conseguenze del danno: nell’immediato (Ostruzione vie di fuga, difficoltà di evacuazione); dopo (ripristino)

➔ **Gioco “do it right: be safer!”**

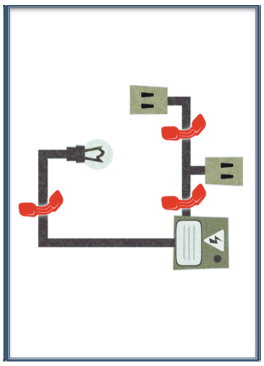
Solo gioco con le carte. Divisi in 4 gruppi sui 4 tavoli
4 tabelloni A4 con 4 possibilità; SPOSTA-PROTEGGI-FISSA-ADEGUA
I giocatori devono posizionare le carte sul tabellone corrispondente. (si veda guida allegata e l’immagine qui sotto)

Nella figura sono illustrate le soluzioni del gioco

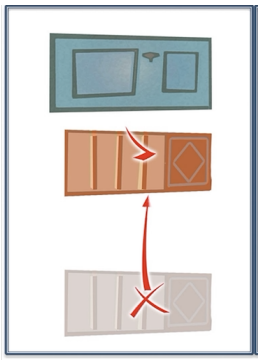


Musacchio[1] G., Marino[2] S., Scandolo[2] L., Solarino[3] S., De Lucia[4] M., Eva[3] E. e Meroni[5] F.

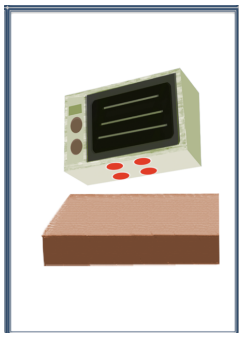
Ci sono 4 errori, descritti qui di seguito



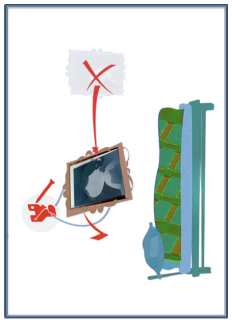
Errore: per intervenire sugli impianti è necessario chiedere ad un esperto



Errore: spostare il mobile di fianco alla porta potrebbe bloccare la via d'uscita



Errore: le ventose non sono sufficienti ad evitare il ribaltamento



Errore: anche se fissato bene è meglio non posizionare un quadro pesante sopra il letto

Fine della visita

<u>Pannello 11:</u> crediti

Selfie e questionario

TERREMOTI
ATTENTI AGLI ELEMENTI
DETTAGLI CHE SALVANO LA VITA

Questa mostra è il frutto della collaborazione tra ricercatori dell'INGV, EUCENTRE e dell'Università di Genova e raccoglie il lavoro svolto nell'ambito del progetto KnowRISK (Know your city, Reduce seISmic risK through non-structural elements) rivolto alla prevenzione dei danni agli Elementi Non-Strutturali degli edifici causati dai terremoti.

I pannelli esposti nella mostra e il materiale di approfondimento sono scaricabili dal sito **www.ingv.it**
Qui potrai scaricare la foto di gruppo, lasciare un commento e trovare molte altre informazioni che potrebbero interessarti.

Ti sei chiesto perché ti abbiamo regalato una borraccia?
Si tratta di uno degli oggetti importanti che dovrebbero essere presenti nella safety-bag, lo zainetto che tutti noi dovremmo avere pronto da portare via in caso di evacuazione.
Vai sul sito e scopri quali sono gli altri.

ECO-FRIENDLY: I modellini e gli exhibit sono stati realizzati seguendo criteri di basso impatto ambientale, minimizzando l'uso della plastica di origine non-biologica.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Carlo Doglioni | Presidente
Maria Siclari | Direttore Generale
Massimo Crescimbene | Responsabile Settore Comunicazione e Divulgazione Scientifica

EUCENTRE

Riccardo Pietrabissa | Presidente
Rui Pinho | Direttore Scientifico
Fabio Germagnoli | Direttore Operativo

Coordinamento scientifico

Gemma Musacchio | INGV

Organizzazione

Gemma Musacchio | INGV
Stefano Solarino | INGV

Gruppo di lavoro INGV

Gemma Musacchio | INGV
Maddalena De Lucia | INGV
Elena Eva | INGV
Fabrizio Meroni | INGV
Stefano Solarino | INGV

Gruppo di lavoro Ingegneria sismica

Salvatore Marino | Università di Genova
Lorenzo Scandolo | Università di Genova
Filippo Dacarro | EUCENTRE
Paolo Dubini | EUCENTRE
Renato Fuchs | EUCENTRE

Progetto e sviluppo grafico

Laboratorio Grafica e Immagini INGV
Daniela Riposati | Coordinamento
Francesca Di Laura

Assistenza tecnica e montaggio

Massimiliano Ascani | INGV
Stefano Bucci | INGV
Emanuele Frocione | INGV

Assistenza alle visite guidate

Salvatore Marino | Università di Genova
Elena Eva | INGV
Gemma Musacchio | INGV
Maddalena De Lucia | INGV
Fabrizio Meroni | INGV
Stefano Solarino | INGV
Lorenzo Scandolo | Università di Genova
Valeria Misiti | INGV

Exhibit progettazione

1. Scheletro di un edificio e sue parti interne
Gemma Musacchio e Fabrizio Meroni | INGV

2. Liquefazione: dinamica del fenomeno
Gemma Musacchio | INGV

3. Liquefazione: rappresentazione tridimensionale di danni
Gemma Musacchio e Maddalena De Lucia | INGV

4. Case più sicure: anche gli arredi contano
Gemma Musacchio e Elena Eva | INGV

5. Oscillazione di pendoli inversi
Salvatore Marino e Lorenzo Scandolo | Università di Genova

6. Comportamento di un edificio al terremoto: la tavola vibrante
EUCENTRE

Exhibit realizzazione

Exhibit 1 - 2 - 3 - 4
Spazio Geco | Pavia

Exhibit 5
Salvatore Marino e Lorenzo Scandolo | Università di Genova

Exhibit 6
EUCENTRE | Pavia

Filmati e animazioni

Terremoti: Attenti agli Elementi!
Fabio Bovenzi | Realizzazione

La vulnerabilità degli edifici residenziali
Fabrizio Meroni | INGV

Move-Protect-Secure | progetto KnowRISK

Stampa

Rotoform | Roma

Fonti delle immagini

Fabrizio Meroni | INGV
Thea Squarcina
Stefano Pucci | Gruppo Operativo EMERGEO INGV
Lorenzo Scandolo | Università di Genova
Mónica Amaral Ferreira | Técnico Lisboa
Hugo O'Neil | Progetto KnowRISK
Agostino Goretti | Dipartimento della Protezione Civile
Francesco Ioppi | Vigili del Fuoco di Arco
Filippo Dacarro | EUCENTRE

Ringraziamenti
per la co-progettazione degli exhibit

Nino Lepore | Hic ad Hoc

EUCENTRE FOR YOUR SAFETY.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA