

WORKING PAPER 1/2013

Seismic Planning: modelli e scenari pianificatori per la riduzione del rischio sismico

Dott. Sara Morettini

Università degli Studi di Pavia

DICAR- Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Email: sara.morettini@hotmail.com

Abstract

Se per i mutamenti più lenti la città, intesa come sistema complesso, può essere in grado di modificarsi nelle sue componenti principali (fisiche e sociali), durante e dopo eventi calamitosi la sua capacità di assorbire l'impatto esterno e di trovare una nuova forma di equilibrio è particolarmente stressata.

Gli studi e le conoscenze acquisite in tema di rischio naturale, in particolare sismico, oltre che le esperienze di ricostruzione, sono stati oggetto di diverse ricerche in ambito nazionale ed internazionale e sono stati dibattuti in molte conferenze: in questa occasione si propone un processo metodologico che tenta di affrontare in modo complessivo le principali tematiche coinvolte nell'argomento.

Nei sistemi urbani, la diversa dimensione temporale che caratterizza le trasformazioni lente e quelle repentine (e che coinvolge diverse accezioni di resilienza) suggerisce di considerare l'azione pianificatoria come "costruzione di scenari flessibili" che garantisca elevati livelli di adattabilità. A partire da questa impostazione, nel paper si prendono in considerazione i diversi approcci metodologici e si propongono alcuni metodi di valutazione qualitativa e quantitativa per gli scenari di riduzione del rischio presi in considerazione.

Fondamentalmente la tesi sostenuta nel testo si inserisce nel quadro dell'urbanistica sostantiva che struttura il processo pianificatorio in fasi interconnesse per definire scenari di piano; vi sono riferimenti tematici alla città flessibile, alla adattabilità ed alla resilienza dei complessi urbani ed edificati in generale; la base applicativa è lo studio del rischio naturale e della sua riduzione.

Il lavoro, è stato sviluppato grazie alla collaborazione con la Fondazione GEM (Global Earthquake Model), ha come principale prospettiva futura la costruzione di un "planning tool". Esso, costruito con l'ausilio di opportuni strumenti di elaborazione cartografica e dati, sarà in grado di gestire tutte le fasi pianificatorie che riguardano la riduzione del rischio proponendo scenari di modificazione dell'assetto funzionale e morfologico dei sistemi urbani attraverso la valutazione di ipotesi (tra loro confrontabili) in cui vengono prese in considerazione sia variabili quantitative (il costo economico) che qualitative (il costo sociale considerato).

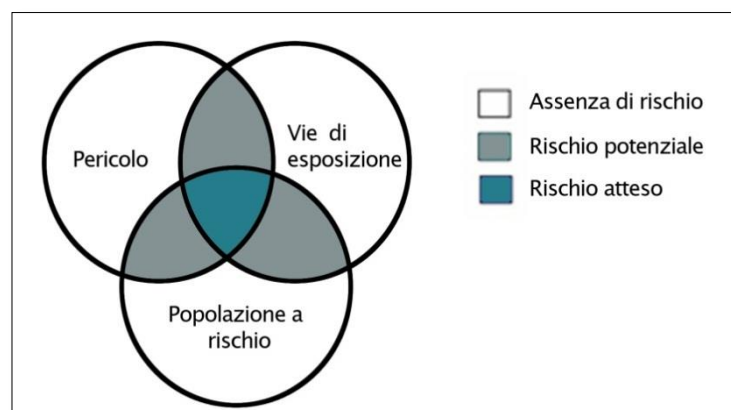
Il rischio

Nonostante il *rischio* sia totalmente eliminabile, è ruolo dei progettisti, pianificatori e tecnici cercare di ridurre l'effetto attraverso opere e tecniche di pianificazione preventiva e post-evento. Il rischio quindi può essere visto non solo come minaccia, ma anche come occasione per poter agire e reagire per poterlo ostacolare.

E' perciò necessario partire prima di tutto dalla definizione di rischio: «il *rischio* è la probabilità che una determinata conseguenza negativa si verifichi in un determinato intervallo di tempo in seguito ad uno specifico evento avverso»¹.

Spesso si cade in errore confondendo il concetto di rischio con quello di pericolo: il *pericolo* infatti è la causa del rischio, è ciò che causa conseguenze avverse e negative sia all'uomo che all'ambiente.

Da questo concetto ne deriva che il rischio stesso dipende da tre fattori: il pericolo, un sistema bersaglio (ad es. la popolazione) e le vie di esposizione.



Schema del rischio atteso, potenziale e assenza del rischio

Il rischio è anche espresso dalla relazione:

$$R = f \times m$$

dove:

R= rischio

f= probabilità di accadimento dell'evento

m= magnitudo

¹ Mastellone M.L., - *Gli strumenti di supporto alle decisioni: la valutazione del rischio ambientale*

Spesso però la probabilità di accadimento di un evento è stimata all'interno di un arco temporale prefissato e di conseguenza la relazione precedente del rischio diventa:

$$R = F \times m$$

dove:

F= probabilità che si verifichi un evento entro un determinato intervallo di tempo (frequenza).

La *magnitudo* è invece il prodotto tra il *valore esposto* (cioè la somma di tutto ciò che in seguito ad un evento calamitoso può andare perduto) per la *vulnerabilità* (stima della frazione del valore esposto che può essere persa a causa di uno specifico evento avverso):

$$m = v.e. \times v$$

dove:

v.e. = valore esposto

v = vulnerabilità

Dalla combinazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione si determina il rischio sismico fisico che altro non è che la misura dei danni attesi in un determinato intervallo di tempo, sempre tenendo conto della sismicità e della resistenza delle costruzioni e della natura qualità e quantità dei beni esposti al rischio.

E' perciò opportuno definire qui di seguito le componenti del rischio sismico: la vulnerabilità sismica, la pericolosità sismica e l'esposizione sismica.

Vulnerabilità sismica

«Il termine *vulnerabilità* deriva dal latino “vulnus” che significa ferita ed indica la fragilità del sistema, la sua debolezza nel contrastare una qualche sollecitazione esterna, la sua scarsa capacità di assorbire l'impatto di un evento - sia esso un terremoto, una frana, un incidente rilevante - senza rompersi. Occorre distinguere tra *propensione al danno* e *danno atteso*.

Il danno atteso è il prodotto dell'azione di un agente pericoloso su di un dato sistema vulnerabile; la vulnerabilità è un attributo di quest'ultimo, una sua caratteristica intrinseca»².

«La vulnerabilità sismica è la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello, a fronte di un evento sismico di una data intensità»³.

² Menoni S., 2005 - *Costruire la prevenzione: Strategie di riduzione e mitigazione dei rischi territoriali*, Pitagora Editrice; pag. 51-52

³ Sito Web: Protezione Civile http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=2#pag-content

La *vulnerabilità edilizia* è la sensibilità di un elemento ad essere danneggiato in seguito ad un evento sismico.

La vulnerabilità edilizia può essere distinta in:

- *vulnerabilità diretta*: legato alle proprie caratteristiche strutturali;
- *vulnerabilità indotta*: che dipende dall'interazione con il contesto edificato;
- *vulnerabilità differita*: gli effetti di danno potenzialmente manifestabili in una fase successiva all'evento sismico.

La *vulnerabilità urbana* (o vulnerabilità dei sistemi urbani) è la sensibilità al danneggiamento fisico e alla perdita di organizzazione e di funzionalità infrastrutturale, insediativa, ambientale di un insediamento urbano nel suo complesso. E' strettamente legata alla struttura e alle caratteristiche dei diversi sistemi urbani componenti (percorsi, infrastrutture, funzioni, costruito) e delle parti di città alle diverse scale (tessuti o ambiti, nuclei, isolati), dalle loro relazioni reciproche, dall'entità e dall'interazione tra diversi fattori di rischio (vulnerabilità edilizia, pericolosità sismica locale, esposizione urbana). La vulnerabilità urbana, quindi, in quanto perdita di organizzazione in un sistema complesso, non può essere valutata considerando solo la sommatoria delle vulnerabilità edilizie.

Molto spesso durante una calamità naturale la causa primaria di morte è il crollo degli edifici, ed è per questo che è opportuno rendere sicure le strutture edilizie. Le Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche prevedono situazioni differenti in termini di danno a seconda dell'intensità del sisma: edifici che tendono a non danneggiarsi in presenza di sismi a bassa intensità, edifici senza danni significativi a livello strutturale per sismi a media intensità, e infine edifici che non crollino in caso di sismi ad alta intensità. Un edificio può presentare danni alla struttura portante (pilastri e travi) oppure può presentare danni a parti non strutturali (cornicioni, tramezze e camini). Il tipo di danno dipende da: struttura dell'edificio, età, materiali di costruzione, luogo di realizzazione, vicinanza con altre costruzioni e elementi non strutturali.

In seguito ad un terremoto si procede alla valutazione del danno provocato per calcolare la vulnerabilità degli edifici. Cosa differente è invece il calcolo della vulnerabilità degli edifici a priori del sisma. Per questo tipo di operazione sono stati messi a punto metodi statistici e metodi meccanicistici.

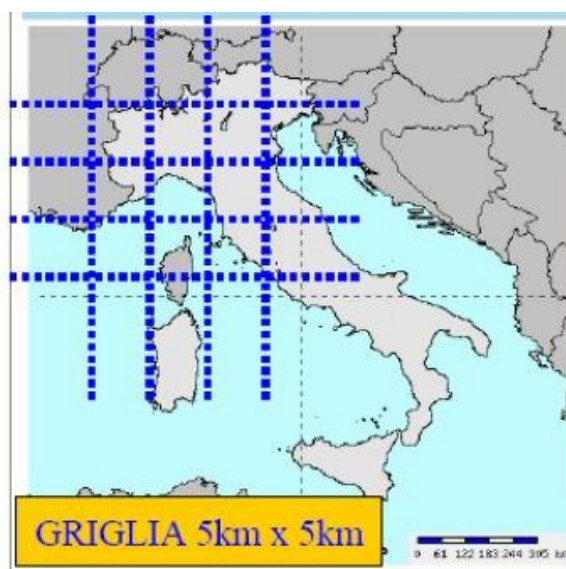
I *metodi di tipo statistico* utilizzano una classificazione basata sui danni di edifici della stessa tipologia dell'edificio preso come campione avuti in terremoti passati, e inoltre classificano gli edifici in funzione dei materiali e delle tecniche con cui sono costruiti. Questo metodo essendo statistico, non dà informazioni puntuali sul singolo edificio e inoltre fa uso di dati spesso non disponibili; risulta per tanto essere di difficile applicabilità e utilizzo.

I *metodi di tipo meccanicistico* cercano di riprodurre le principali caratteristiche degli edifici da valutare attraverso l'utilizzo di modelli teorici e su questi edifici vengono studiati i danni causati da terremoti simulati. Infine, alcuni metodi utilizzano i *giudizi esperti* per valutare il comportamento sismico e la vulnerabilità di predefinite tipologie strutturali.

Pericolosità sismica e Micro-zonazione Sismica (MS)

«La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità. Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga). Si definisce *pericolosità sismica locale* la probabilità che un evento sismico di una data intensità si verifichi entro un determinato periodo di ritorno in uno specifico contesto, in funzione delle caratteristiche fisiche, geologiche e geomorfologiche locali.

L'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A delle NTC2008) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale, secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il "Progetto esse1" ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, ecc...., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni)»⁴.



Mappe interattive di pericolosità sismica
(fonte: sito INGV <http://esse1-gis-mi-ingv-it>)

L'OPCM 3274/2003 e la successiva OPCM 3431/2005 hanno recepito tutte le indicazioni ed i concetti base espressi dall'Eurocodice 8.

Il territorio nazionale era suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g : accelerazione orizzontale di picco su roccia con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

⁴ NTC2008 - cap 2.1.1

CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE SISMICHE		
ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [norme tecniche] [a_g/g]
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Zone sismiche e accelerazioni accettabili (fonte: NTC 2008)

«Gli studi di pericolosità sismica sono stati impiegati, soprattutto negli ultimi anni, nelle analisi territoriali e regionali finalizzate a zonazioni (pericolosità di base per la classificazione sismica) o micro-zonazioni (pericolosità locale). In quest'ultimo caso, le valutazioni della pericolosità implica l'individuazione di aree a scala comunale che, in occasione di una scossa sismica, possono essere soggette a fenomeni di amplificazione e fornire indicazioni utili per la pianificazione urbanistica»⁵. A tal proposito viene citato il comma 4 dell' Art.2 dell'allegato alla Legge Regionale 20/2000 dell'Emilia-Romagna che spiega il ruolo della pianificazione territoriale e urbanistica legato alla riduzione del rischio sismico:

“Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione ed orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico”

A tal fine, deve essere migliorata la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico e quindi fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, attraverso un metodo graduale di approfondimento alle diverse scale di pianificazione territoriale. E' necessario per cui avere strumenti di pianificazione urbanistica che siano in grado di determinare la pericolosità sismica delle differenti aree interessate da diversi gradi di rischio per l'uomo e per le opere presenti sul territorio. Attraverso questa conoscenza dettagliata della pericolosità sismica potenziale in un determinato luogo si riescono ad evitare rischi aggiuntivi grazie anche alla localizzazione di nuovi interventi in aree esposte a minor pericolo.

Per approfondire lo studio sulla distribuzione della pericolosità sismica e le tecniche di riduzione del rischio sismico ci si è avvalsi del testo *“Microzonazione Sismica: uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico_ L'esperienza dell'Emilia-Romagna”*: il volume illustra lo stato

⁵ Sito Web: Protezione Civile: http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=1#pag-content

dell'arte dei primi quattro anni di applicazione degli indirizzi regionali in materia di micro-zonazione sismica.

«Nel 2007 sono stati approvati e pubblicati gli indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica che forniscono ai tecnici liberi professionisti e ai funzionari delle pubbliche amministrazioni un riferimento per studi sulla pericolosità sismica locale, consentendo di attuare efficaci strategie di prevenzione e riduzione del rischio sismico fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica»⁶.

Elemento discriminante per lo studio della pericolosità sismica è il concetto di *scala* : l'analisi della pericolosità può essere infatti effettuata sia utilizzando strumenti di pianificazione urbanistica e gestione delle emergenze, sia analizzando nel dettaglio un edificio o un'altra opera, con lo scopo di definire le azioni sismiche con le quali eseguire le verifiche previste dalle normative.

Nel primo caso infatti si parla di *Micro-zonazione Sismica (MS)*, nel secondo di *Risposta Sismica Locale (RSL)*. I due differenti metodi richiedono diverse modalità di indagine e di intervento e agiscono a scale differenti e quindi su unità di superfici differenti: ad esempio, nel caso della RSL sarà certamente necessario condurre indagini nell'area interessata dall'opera; diversamente negli studi di MS le indagini saranno condotte non facendo riferimento ad una specifica opera ma potrà utilizzare risultati di indagini già eseguite ed adeguatamente reinterpretate.

Nel 2008 sono state individuate e delineate dal Gruppo di Lavoro della protezione Civile Linee Guida per gli studi di Micro-zonazione Sismica in Italia e sono stati individuati 3 livelli di approfondimento: il livello 1, che è il livello base degli studi di MS e individua aree critiche e aree suscettibili ad “effetti locali” in seguito ad indagini e dati preesistenti; per questo primo livello di approfondimento si effettua la valutazione degli effetti amplificativi viene effettuata su badi geologiche; il livello 2, che determina i fattori di amplificazione attraverso l'utilizzo di “abachi semplificativi” per ogni zona omogenea e che determina quindi la carta di micro-zonazione sismica; il livello 3 rende più completa la carta di MS individuata nel 2 livello attraverso approfondimenti su temi o aree particolari tramite procedure molto specialistiche (es. liquefazione delle sabbie e pendenza dei pendii).

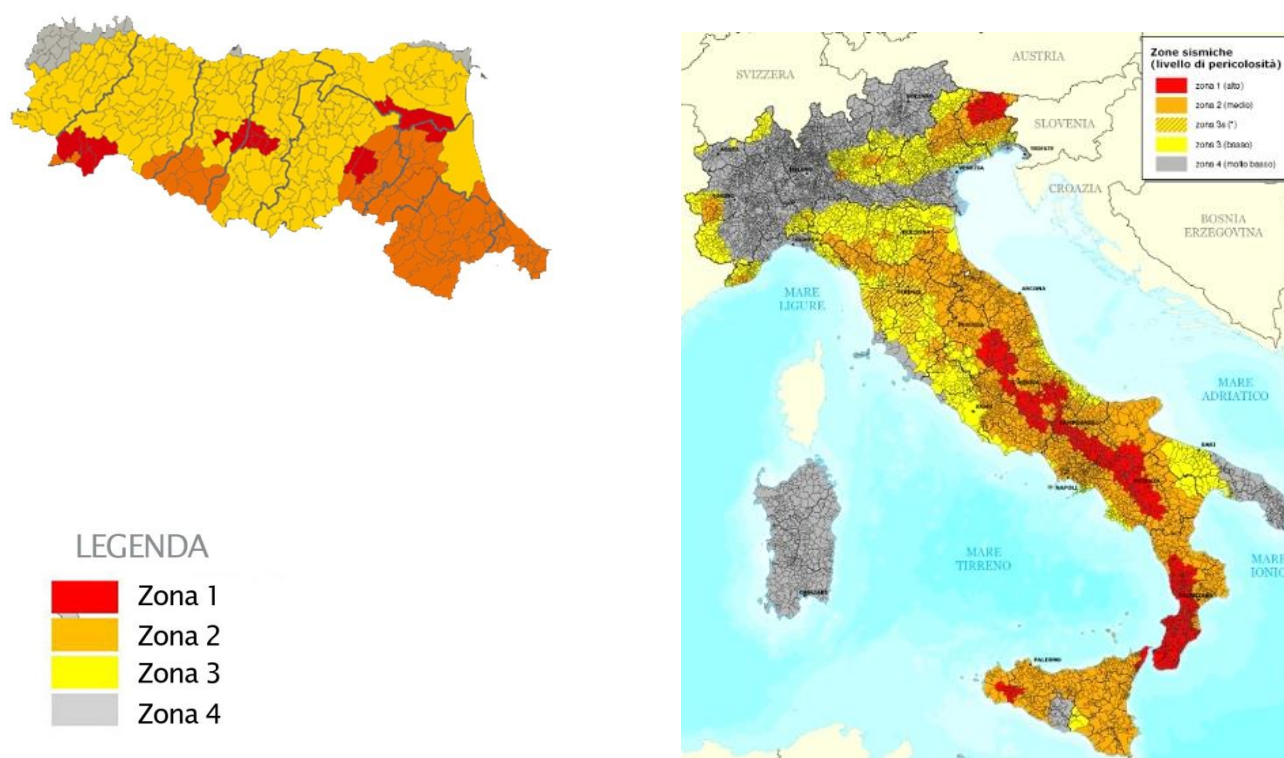
«La MS si colloca ad un livello intermedio tra la classificazione sismica a scala nazionale, che fa riferimento ad un terreno ideale rigido e pianeggiante per il quale fornisce parametri indicativi della pericolosità di base (picco di accelerazione e spettro di risposta per differenti periodi di ritorno), e la progettazione antisismica, che opera a scala di singolo manufatto»⁷.

Gli studi di MS sono richiesti nelle fasi di pianificazione urbanistico comunale e quindi la realizzazione di tali studi segue i tempi di adeguamento degli strumenti urbanistici secondo quanto previsto dalla LR 20/2000.

A seconda della scala di riferimento e di studio della pericolosità si parlerà di macro o micro-zonazione sismica: la scala di dettaglio di uno studio di MS è tipicamente la scala “urbana” e/ o di una sua frazione (ad esempio aree di espansione, aree di riqualificazione, aree per la realizzazione di grandi opere strategiche ecc). I principali enti coinvolti negli studi di MS sono le Regioni e gli Enti Locali (Province, Comuni).

⁶ Gazzolo P.- Peri A., 2012 - *Microzonazione Sismica: uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico_ L'esperienza dell'Emilia-Romagna*, Regione Emilia- Romagna, pag.3

⁷ Crespellani T., 2010 - *Microzonazione Sismica: uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico_ L'esperienza dell'Emilia-Romagna*, Regione Emilia - Romagna, pag.22



La distribuzione della pericolosità sismica a scala regionale e nazionale: macro-zonazione sismica

Esposizione sismica

Il termine *esposizione* indica la quantità dei beni esposti al rischio sia dal punto di vista sociale, che economico. Per mettere in atto un programma di salvaguardia e prevenzione dai terremoti si deve intervenire in primis sulla salvaguardia delle vite umane e per questo quantificare le persone coinvolte e i possibili danni che potrebbero subire.

Andando a calcolare il numero degli edifici crollati o danneggiati in seguito ad un sisma è possibile fare una stima delle persone rimaste coinvolte durante l'evento calamitoso.

«Per poter effettuare queste stime sono necessarie alcune considerazioni su:

- il numero delle persone che abitano negli edifici;
- l'orario del terremoto;
- le possibilità di fuggire e/o di proteggersi;
- il tipo di coinvolgimento delle persone (morte o ferite subite);
- la possibilità di morire anche successivamente alle attività di soccorso»⁸.

Essendo una stima è pressoché impossibile dare una quantificazione certa in termini di vite umane soprattutto perché queste dipendono da alcune variabili come la presenza di più o meno persone nell'arco della giornata e dell'anno (variabili temporali) o in diverse aree urbanizzate e non (variabili spaziali) o dalla dimensione del nucleo familiare (variabili dimensionali).

Il numero delle persone coinvolte può dipendere inoltre anche dalla tipologia ma soprattutto dalla destinazione d'uso e funzione dell'edificio: negli edifici che accolgono attività lavorative, terziarie, e commerciali ad esempio la presenza delle persone è massima nelle ore centrali della giornata e minima, quasi nulla in corrispondenza delle ore serali e notturne. In una residenza al contrario il numero delle persone presenti all'interno dell'edificio molto elevata di notte e scarsa di giorno. Importante inoltre tener in considerazione a proposito di esposizione del patrimonio culturale, specie in Italia, di vasta cultura inestimabile che può essere ben rappresentato dei centri storici, e per il quale ancora non è stato possibile apportare una quantificazione sistematica in termini di quantità e qualità.

Il danno e gli scenari di danno

Prima di indicare il rischio, ne deve essere indicata una soglia: al di sotto di tale valore il rischio è tollerabile, al di sopra no. La scelta di una soglia limite è strettamente legata ad una stima probabilistica del verificarsi dell'evento.

Il miglior studio condotto sul concetto di danno e scenari di danno è stato effettuato nel 2005 da Scira Menoni con il testo "*Costruire la prevenzione: Strategie di riduzione e mitigazione dei rischi territoriali*": la stima dei danni serve principalmente a definire i costi indicativi di ricostruzione di ciò che è andato distrutto in seguito all'evento e stimare inoltre il tempo che occorre per tornare ad una situazione di normale funzionamento sia del sistema urbano, sia dell'intero territorio colpito.

⁸ Sito Web: Protezione Civile: http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=3#pag-content

Prima di tutto bisogna individuare quali tipi di danno vengono presi in considerazione nella circostanza di un evento calamitoso, cioè i danni fisici a persone e a beni, cioè quei danni più semplici da riconoscere e quantificare. La stima dei danni prevede due passaggi: prima viene individuato quantitativamente il danno e in una seconda fase ne viene data una traduzione in un valore utilizzando un'unità di misura, il più delle volte quella monetaria, andando incontro a diversi problemi spesso di valore etico e morale.

«I danni fisici risentiti da alcune categorie di beni, come quelli di pregio monumentale, storico o di testimonianza della vita di una comunità, difficilmente sono pienamente apprezzabili facendo riferimento solo alla spesa necessaria per ripristinarli. Intervengono infatti considerazioni culturali che impongono di tener conto di un valore legato all'esistenza stessa del bene perduto, al suo essere il risultato di una sedimentazione temporale nel corso della quale diverse generazioni o alcuni individui di grande genio hanno lasciato il loro segno, che nessun intervento ricostruttivo potrà mai restituire».⁹

Bisogna inoltre cercare di considerare i danni non tenendo in considerazione sia i fattori di tipo spaziale che temporale, per andare al di là della semplice valutazione dei soli danni fisici. Scira Menoni definisce i fattori spaziali e temporali secondo le definizioni riportate qui di seguito:

«Fattori spaziali: permettono di osservare la distribuzione dei danni, evidenziando differenze, similitudini, apparenti anomalie tra aree più o meno danneggiate, nell'ambito di un comprensorio nel quale è avvenuto l'evento temuto. Differenze, similitudini e anomalie che potrebbero ascriversi alla diversa vulnerabilità delle zone colpite e in alcuni casi anche a condizioni locali di pericolosità. Ad esempio nel caso sismico due aree incluse nella stessa isosisma potrebbero essere state diversamente danneggiate perché le costruzioni sono state realizzate con criteri antisismici e nell'altra no, o perché i rispettivi terreni di fondazione hanno avuto risposte diverse al cosiddetto input sismico di base.

Fattore temporale: consente a sua volta di tener conto della dinamica dell'evento calamitoso nella stima dei danni. Questa non si limita al momento dell'impatto, ma prosegue nell'emergenza e nella ricostruzione, fasi nelle quali acquistano rilevanza e peso anche danni diversi da quelli fisici direttamente provocati dall'evento disastroso»¹⁰.

Analizzando i diversi tipi di danno si dimostra che la stima dei danni non è semplice somma di beni fisici danneggiati, ma una concatenazione di danni ed effetti sul territorio, sulla società, in campo economico, siano essi stati diretti o indiretti.

Sempre di più in urbanistica negli ultimi anni si parla di scenario, con l'idea di indicare e descrivere fenomeni e prospettive urbane andando al di là del semplice confine disciplinare. Definendo così nuove "strategie" per la determinazione di differenti scenari, si riduce la dimensione temporale dell'azione: le strategie infatti sono "...sequenze di azioni analiticamente costruite in vista del pronto (sollecito) raggiungimento di obiettivi. La pianificazione strategica è in realtà un termine omnicomprensivo, ed in quanto tale prevede la costruzione di scenari (sequenze di azioni) in cui le azioni di trasformazione fisica dell'ambiente possono risultare perfino ininfluenti rispetto agli obiettivi di partenza.

⁹ Menoni S., *op.cit*, pag. 12

¹⁰ Menoni S., *op.cit*, pag. 13

«Se è vero dunque che la pianificazione urbanistica (anche se di area vasta) circoscrive e riduce il termine pianificazione, è vero d'altra parte che l'idea diffusa di pianificazione strategica, quando non corredata di una componente territoriale, è anch'essa riduttiva. Scenario è dunque descrizione di un processo complesso, cui si è cominciato a ricorrere con la pratica della pianificazione strategica»¹¹.

In ambito di pianificazione territoriale o di emergenza, lo scenario spiega cioè che c'è “dopo” la sollecitazione o l'evento.

Attraverso valutazioni statistiche, ove possibile, il termine scenario attribuisce differenti gradi di danno e perdita di funzionalità, senza andare a considerare la combinazione delle diverse componenti di vulnerabilità e pericolosità dei sistemi esposti.

«I requisiti principali che occorre soddisfare sono:

- dotare gli scenari di una dimensione territoriale, in modo che si svolgano in uno spazio preciso, con caratteristiche fisiche, culturali, insediative e infrastrutturali proprie;
- tener conto della dimensione temporale in cui si articola l'evento calamitoso, non fermandosi quindi agli effetti dell'immediato impatto o poco più adottare un approccio sistemico, l'unico capace, almeno in parte, di restituire la complessità degli effetti a catena che potrebbero prodursi in un tempo e in uno spazio a volte anche molto dilatati rispetto all'area e al momento nei quali accadono e si registrano il maggior numero di danni fisici»¹².

Proprio per tutte queste caratteristiche lo scenario è visto come un modello di ciò che accadrà in futuro e al quale quindi approcciarsi per far previsioni di piano e strategiche. Lo scenario è un modello di ciò che accadrà in futuro, da studiare però sotto un punto di vista critico.

Anche altri avevano considerato il concetto di scenario:

Schwarz (1991) “*Scenario come strumento per riconoscere il futuro nelle forze che agiscono nel presente*”.

Jungermann (1985) “*Scenario come una rappresentazione coerente degli ipotetici sviluppi di un sistema da uno stato iniziale a esiti finali attesi e/o desiderati; analiticamente può essere concepito come “un percorso in un albero di decisioni”*”.

Jungermann inoltre individua alcune caratteristiche dello scenario:

- la sua attitudine a descrivere futuri possibili o potenziali;
- la sua attitudine a descrivere processi, mediante situazioni, eventi, azioni, conseguenze relazionate le une alle altre da nessi condizionali o causali;
- il suo sviluppo da uno stato iniziale ad uno stato finale.

Lo scenario viene quindi visto come uno “strumento in grado di rappresentare concatenazioni di eventi”.

¹¹Ferraresi G., Rossi-Doria B., 2008 – Saggio: Scenari strategici come progetto di territorio: contributi alla definizione della scuola territorialista in *Scenari strategici. Visioni identitarie per il progetto di territorio*, Magnaghi Editore

¹²Menoni S., *op. cit.*, pag 33-40

Quale metodo per una proposta pianificatoria?

Gli interventi di costruzione in aree sismiche devono fare i conti con il concetto di pericolosità, dal quale è impossibile svincolarsi. L'obiettivo è infatti quello di ottenere una pianificazione che miri al miglioramento del territorio, ma anche e soprattutto alla salvaguardia e alla sicurezza delle persone, e che possa essere uno strumento di pianificazione preventiva, cioè di riduzione del rischio e della pericolosità per eventi sismici futuri. Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica infatti concorrono alla riduzione del rischio sismico attraverso l'analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica e orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di pubblico interesse verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

La procedura standard per la progettazione preventiva in aree sismiche che è stata applicata prevede essenzialmente 3 steps:

- 1.individuazione dell'area di intervento e rispettiva analisi;
- 2.individuazione della mappa della pericolosità sismica a questa associata;
- 3.Map Overlay (situazione esistente e pericolosità sismica).

Individuata l'area di intervento si provvede all'analisi topografica, territoriale e di distribuzione funzionale delle diverse destinazioni d'uso e servizi presenti all'interno dell'area. Vengono individuati gli edifici, le strade, le aree a verde, gli spazi pubblici e specialmente la loro collocazione all'interno dell'area urbana di studio.

Fatto uno studio preliminare si passa allo studio della carta della pericolosità sismica dell'area presa in considerazione. Questa mappa indica puntualmente il livello di pericolosità della zona urbana di interesse. Andando a sovrapporre la mappa dello stato di fatto sapremo perciò come comportarci nella successiva fase di progettazione.

Lo strumento utilizzato da supporto è l'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). «L'INGV è nato con l'obiettivo di raccogliere in un unico polo le principali realtà scientifiche nazionali nei settori della geofisica e della vulcanologia. La missione principale dell'INGV è il monitoraggio dei fenomeni geofisici nelle due componenti fluida e solida del nostro pianeta. All'INGV è affidata la sorveglianza della sismicità dell'intero territorio nazionale e dell'attività dei vulcani italiani. L'INGV opera in stretto contatto con il Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (MIUR) e ha legami privilegiati con il Dipartimento della Protezione Civile e con le altre autorità preposte alla gestione delle emergenze, sia a scala nazionale che a scala locale»¹³.

Attraverso questo strumento è possibile individuare il grado di pericolosità sismica relativo alla zona di intervento e fare le successive deduzioni per come intervenire nella fase di progettazione.

Nelle mappe di pericolosità sismica si individua una griglia che identifica con differenti colori il grado di pericolosità all'interno delle diverse zone dell'area di intervento fino ad arrivare alla scala comunale. Ad ogni colore della griglia corrisponde un range di valori di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag).

¹³ Sito Web: INGV: <http://www.xn--cos-8la.com/cose-lingv/>

Prevenzione

Per mettere in atto una pianificazione che miri alla riduzione del rischio sismico è necessario partire dalla conoscenza degli elementi che lo definiscono cercando così di ridurre l'intensità di ogni singola componente.

Il rischio, come già sopra citato, è la probabilità che una determinata conseguenza negativa (cioè un danno di un certo tipo ed estensione) si verifichi in un certo periodo di tempo in seguito ad uno specifico evento avverso e può essere ben identificato da tale relazione:

$$\text{RISCHIO} = \text{pericolosità} \times \text{vulnerabilità} \times \text{esposizione}$$

Il concetto di *pericolosità* è strettamente legato al concetto di *luogo*.

La pericolosità sismica infatti è la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità.

La *vulnerabilità* è invece la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello, a fronte di un evento sismico di una data intensità ed è perciò riferita alla *struttura*.

L' *esposizione* è la maggiore o minore presenza di beni esposti a rischio, la possibilità cioè di subire danno economico, ai beni culturali o la perdita di vite umane. Per questo motivo l'esposizione è legata al concetto di *funzione*.

L'obiettivo è quello di creare degli scenari di pianificazione che riescano a ridurre l'effetto disastroso del sisma nel momento in cui questo si verifichi e allo stesso tempo avere una progettazione flessibile e che ben si adatti ad ogni realtà nella quale si interviene. Sono stati definiti 3 macro-scenari di progettazione ognuno dei quali riferito alla riduzione di ogni singola componente del rischio sismico:

1. riduzione della pericolosità sismica: trasferimento spaziale dei contenitori da una zona a pericolosità elevata in quelle a pericolosità più bassa; si definisce qui come *modifica areale*;
2. riduzione della vulnerabilità sismica: mantenimento della funzione presente al momento del sisma con operazioni di miglioramento sismico; si definisce qui come *adeguamento sismico*;
3. riduzione dell'esposizione sismica: cambio della destinazione d'uso di uno o più contenitori andando a considerare l'eventuale danno sociale e i costi per il cambio di funzione; si definisce qui come *modifica areale*.

Differenti quindi sono gli scenari che possono presentarsi: sta al progettista capire quale sia il percorso più efficace da dover intraprendere, ponendosi come obiettivo principale la riduzione di un possibile danno sismico che potrebbe ripresentarsi in futuro.

In questa trattazione saranno per lo più approfondite le tecniche e le possibili operazioni che tentano di diminuire la pericolosità e l'esposizione sismica sotto il profilo prettamente urbanistico e progettuale; la riduzione della vulnerabilità è infatti affidata a tecniche che sono proprie di discipline ingegneristiche essendo questa legata indissolubilmente alla struttura dell'edificio.

Studi importanti a tal proposito sono effettuati dall'*Eucentre*: tale fondazione svolge le sue attività con il fine di promuovere, sostenere e curare la formazione e la ricerca della riduzione del rischio sismico, facendo il ponte tra il mondo accademico e della ricerca e quello della professione, le istituzioni e l'industria.

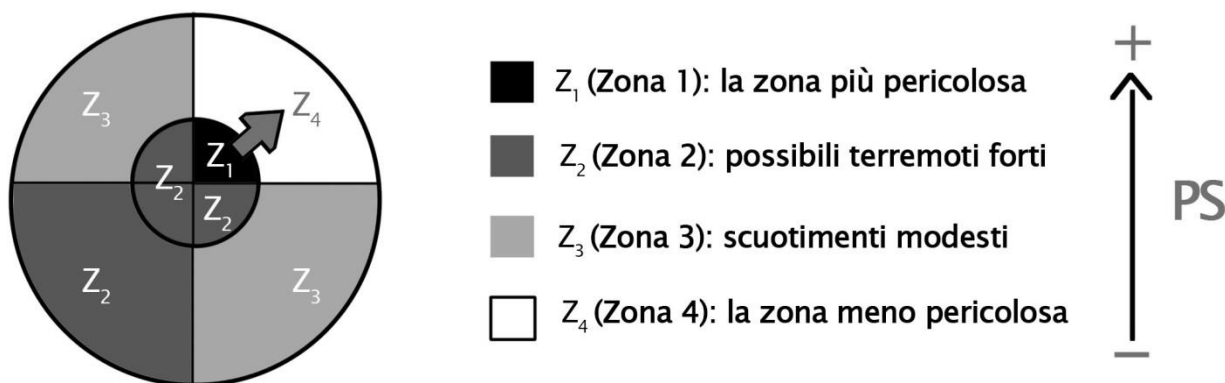
Riduzione della pericolosità sismica: modifica areale

La modifica areale prevede il trasferimento spaziale dei contenitori da zone ad elevato rischio sismico (zona 1) ad altre caratterizzate da rischio sismico inferiore (zone 4). Rimane inalterata la funzione o destinazione d'uso dell'involucro che viene spostato nello spazio. In questo caso il pianificatore/progettista dovrà indicare come intervenire nell'area "abbandonata" (zona 1, con elevata esposizione) e che funzione prevedere (sicuramente una funzione con esposizione minore rispetto alla precedente); ma dovrà inoltre dettare le regole per la nuova costruzione nella nuova area (zona 4, con minore esposizione).

Il luogo è qui legato alla pericolosità sismica: si deve infatti considerare la mappa che, individuando puntualmente il grado di pericolosità associato ad ogni area (mappe INGV), permette di capire in che zona di pericolosità si ricade (Zona 1 - zona più pericolosa; Zona 2 - zona dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti; Zona 3 - zona soggetta a scuotimenti modesti; Zona 4 - zona meno pericolosa). Proprio al concetto di luogo è infatti associato uno dei 2 macro-scenari studiati, quello corrispondente alla riduzione della pericolosità sismica: la Modifica Areale.

A questa tipologia di intervento corrispondono principalmente due costi:

- costo di costruzione nella nuova area (Zona 4). Questa è la zona in cui si trasferisce l'involucro (o gli involucri) che nella fase antecedente occupava un'area ad elevata esposizione sismica;
- costo di progettazione dell'area "abbandonata" (Zona 1). Queste aree che, in una fase antecedente alla progettazione ospitavano determinate funzioni, diventano ora oggetto per spunti progettuali per una nuova riconfigurazione dell'area. Sta ai progettisti scegliere in che modo intervenire e che tipo di funzioni reinserire: dovranno essere proposte funzioni con un'esposizione minore rispetto a quella precedentemente dismessa.



Schema modifica areale

Riduzione della pericolosità sismica: modifica funzionale

Il concetto di funzione è strettamente legato all'esposizione sismica: cambiando infatti la funzione dell'involucro cambia l'esposizione quindi il rischio e di conseguenza i possibili ed eventuali danni annessi alla calamità naturale. In urbanistica si suddividono le differenti destinazioni d'uso in 4 grandi categorie: residenziale, produttiva (suddivisa a sua volta in industriale e artigianale), terziaria (divisa in commerciale, direzionale, ricettiva) e agricola. Se si considera un ambito di intervento urbano si può dare un maggiore peso a 3 di queste funzioni: Residenziale, Terziaria e Commerciale.

Il verificarsi di un possibile evento sismico sarà la causa di danni differenziali all'interno di un ambito urbano di riferimento: tale disomogeneità del danno dipende dalla localizzazione dei "contenitori" all'interno della mappa del rischio sismico (Zona di pericolosità 1, 2, 3, 4), ma anche e soprattutto dal loro "contenuto". Quest'ultimo è caratterizzato dal tipo di funzione svolta in quel determinato contenitore, e di conseguenza da un indice di affollamento (numero di persone presenti all'interno del "contenitore") corrispondente a tale destinazione d'uso. Gli studi effettuati mostrano i diversi scenari che potrebbero presentarsi in una situazione di calamità naturale e i possibili interventi applicabili, indicando inoltre i corrispondenti ed eventuali costi da dover sostenere.

A seconda del tipo di funzione svolta all'interno dei «contenitori» avrò un'esposizione piuttosto che un'altra. La residenza infatti è vissuta con maggiore intensità e continuità durante la notte, mentre al contrario di giorno l'abitazione si svuota perché le persone traslano verso i luoghi di lavoro e di studio. Per questo l'esposizione dei contenitori adibiti a terziario (strutture direzionali e ricettive) e commerciali durante il giorno è molto elevata e di sera/notte pressoché nulla.

Affollamento ed esposizione sono elevati nella residenza durante le ore serali e notturne, nel commerciale e terziario al contrario nelle ore diurne. L'affollamento è basso nella residenza durante le ore centrali della giornata e pressoché nullo di notte nel commerciale e nel terziario.

Dopo aver introdotto il concetto di funzione legata all'esposizione è ora necessario parlare del macro-scenario di intervento che prevede come tattica di riduzione del rischio sismico, ed in particolare dell'esposizione, l'attuazione di Modifiche Funzionali.

FUNZIONI	ESPOSIZIONE	ESPOS. nelle 24 h	
	funzione del tempo	day	night
RESIDENZA	$E: f(t)$	—	+
TERZIARIO	$E: f(t)$	+	0
COMMERCIALE	$E: f(t)$	+	0

Rapporto tra differenti destinazioni d'uso ed esposizione

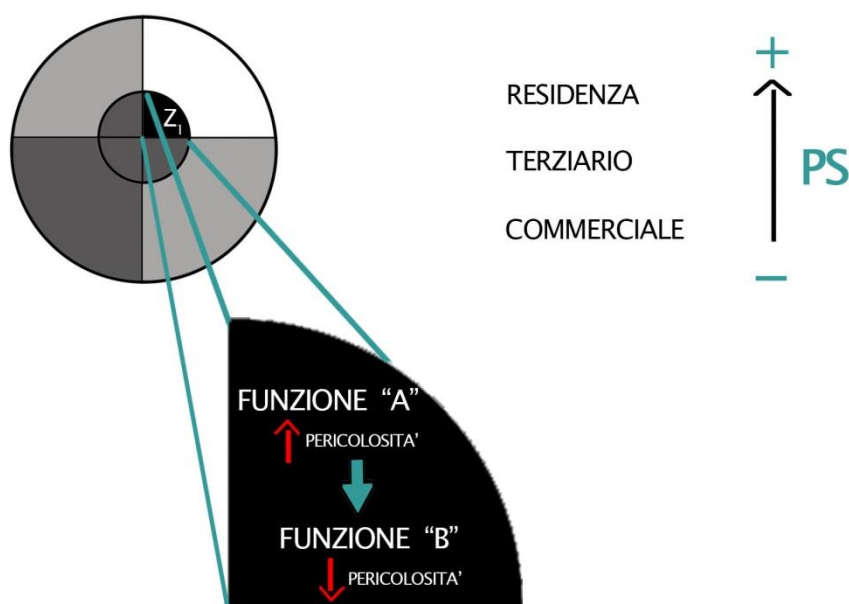
Per modifica funzionale si intende il cambiamento di destinazione d'uso dell'edificio (contenitore) evitando però il trasferimento spaziale del contenitore. Questo tipo di intervento può essere effettuato prendendo in considerazione il carattere di compatibilità tra le diverse destinazioni d'uso. A riguardo si possono avere 2 soluzioni possibili:

- cambio di funzione *a parità di involucro*;
- cambio di funzione *con modifica di involucro*.

Cambio di funzione a parità di involucro: in questo caso viene sostituita soltanto la funzione del contenitore mantenendo però l'involucro esistente; si apportano per tanto modifiche funzionali per far sì che si riduca l'esposizione e l'affollamento dell'involucro sempre passando da funzioni con elevata esposizione a quelle con esposizione più bassa (ad es. passo da una residenza ad un terziario o da un terziario ad un commerciale); inoltre si mettono in atto operazioni di adeguamento e miglioramento sismico per rendere più sicuro l'involucro che viene mantenuto. Per questo motivo si dovranno sostenere costi di manutenzione per rendere agevole e a norma i nuovi locali adibiti a nuove destinazioni d'uso, mantenendo però inalterato l'involucro di partenza.

Cambio di funzione con modifica di involucro: In questo caso si sostituisce l'involucro precedente con uno di nuova costruzione. L'involucro costruito è più sicuro del precedente e all'interno si inseriscono sempre funzioni differenti rispetto a quella precedenti con, ovviamente, esposizione minore.

La scelta di un tipo di intervento rispetto ad un altro (se modifiche areali o funzionali, piuttosto che cambi di funzione con o senza modifica di involucro) dipende dalla zona sismica nella quale si ricade e da valutazioni multicriterio riferite al costo sociale, tematiche che saranno approfondite in seguito.



Schema modifica funzionale

Valutazione dei costi degli scenari di progetto: residenza, terziario, commerciale

L'interazione del rischio sismico che caratterizza un'area e della destinazione d'uso dell'involucro definisce lo stato attuale. Ogni stato attuale è rappresentato in figura attraverso una matrice rischio sismico/ funzioni: Res1, Ter1, Com1 sono residenziale, terziario e commerciale in zona sismica 1 (la più pericolosa); Res2, Ter2, Com2 sono residenziale, terziario e commerciale in zona sismica 2; Res3, Ter3, Com3 sono residenziale, terziario e commerciale in zona sismica 3; Res4, Ter4, Com4 sono residenziale, terziario e commerciale in zona sismica 4.

FUNZIONI	ZONE DI PERICOLOSITA' SISMICA			
	1	2	3	4
Residenziale	Res ₁	Res ₂	Res ₃	Res ₄
Terziario	Ter ₁	Ter ₂	Ter ₃	Ter ₄
Commerciale	Com ₁	Com ₂	Com ₃	Com ₄

Matrice funzioni - zone di pericolosità sismica

A partire da tale matrice rischio/funzioni, si è creata un'analisi dei costi dei vari e di tutti i possibili scenari applicando ora modifiche areali, ora modifiche funzionali, considerando anche lo scenario attuale.

Ogni modifica (areale o funzionale) indicata in matrice incide sulle diverse categorie di costi con un impatto differente (alto, medio, basso).

I	LIVELLO ALTO
II	LIVELLO MEDIO
III	LIVELLO BASSO

scenari	interventi	manutenzione	nuova costruzione	sociale
Stato Attuale	R ₁	I	-	I
Mod. Funzionale	R ₁ → T ₁	I	III	I
Mod. Areale	R ₁ → R ₄	-	I	I
Stato Attuale	T ₁	I	-	II
Mod. Funzionale	T ₁ → C ₁	I	III	II
Mod. Areale	T ₁ → T ₄	-	I	II
Stato Attuale	C ₁	I	-	II
Mod. Areale	C ₁ → C ₄	-	I	III
Stato Attuale	R ₂	I	-	II
Mod. Funzionale	R ₂ → T ₂	I	III	I
Mod. Areale	R ₂ → R ₄	-	I	I
Stato Attuale	T ₂	I	-	II
Mod. Funzionale	T ₂ → C ₂	I	III	II
Mod. Areale	T ₂ → T ₄	-	I	II
Stato Attuale	C ₂	I	-	II
Stato Attuale	R ₃	II	-	III
Mod. Funzionale	R ₃ → T ₃	III	-	I
Mod. Areale	R ₃ → R ₄	-	I	I
Stato Attuale	T ₃	II	-	III
Mod. Funzionale	T ₃ → C ₃	II	-	III
Mod. Areale	T ₃ → T ₄	-	I	III
Stato Attuale	C ₃	II	-	III
Stato Attuale	R ₄	-	-	-
Stato Attuale	T ₄	-	-	-
Stato Attuale	C ₄	-	-	-

scenari	interventi	servizi	infrastrutture	parcheggi	verde
Stato Attuale	R ₁	III	III	III	-
Mod. Funzionale	R ₁ → T ₁	II	II	I	I
Mod. Areale	R ₁ → R ₄	I	I	III	III
Stato Attuale	T ₁	III	III	-	-
Mod. Funzionale	T ₁ → C ₁	II	II	I	III
Mod. Areale	T ₁ → T ₄	II	I	I	II
Stato Attuale	C ₁	III	-	II	II
Mod. Areale	C ₁ → C ₄	II	I	I	II
Stato Attuale	R ₂	-	-	II	-
Mod. Funzionale	R ₂ → T ₂	II	II	I	I
Mod. Areale	R ₂ → R ₄	I	I	III	III
Stato Attuale	T ₂	III	III	-	-
Mod. Funzionale	T ₂ → C ₂	II	II	I	II
Mod. Areale	T ₂ → T ₄	II	II	I	I
Stato Attuale	C ₂	-	-	III	-
Stato Attuale	R ₃	-	-	-	-
Mod. Funzionale	R ₃ → T ₃	II	II	I	I
Mod. Areale	R ₃ → R ₄	I	I	III	III
Stato Attuale	T ₃	-	-	-	-
Mod. Funzionale	T ₃ → C ₃	III	III	I	II
Mod. Areale	T ₃ → T ₄	III	I	I	I
Stato Attuale	C ₃	-	-	-	-
Stato Attuale	R ₄	-	-	-	-
Stato Attuale	T ₄	-	-	-	-
Stato Attuale	C ₄	-	-	-	-

Matrice dei vari scenari di progetto e costi relativi

Differenti costi da sostenere nei diversi scenari:

Costo di manutenzione: risulta essere molto elevato in corrispondenza degli stati attuali in zona 1 e zona 2 e in corrispondenza delle modifiche funzionali sempre in zona 1 e 2. Al contrario risulta nullo in tutte le modifiche areali perché nelle in questi casi c'è il trasferimento spaziale dei contenitori da una zona a pericolosità maggiore (1-2-3) a quelle a pericolosità nulla (zona 4) e non è previsto quindi nessun opera di adeguamento e miglioramento della struttura. Risulta perciò anche nullo in corrispondenza degli stati attuali in zona 4 che essendo la meno pericolosa non suggerisce modifiche né funzionali, né areali e non ha la necessità di apportare manutenzione agli involucri esistenti, essendo in zona sismica con pericolosità molto bassa.

Costo di nuova costruzione: è rilevante in tutte le modifiche areali perché si costruiscono nuovi involucri in zona sismica più sicura (zona 4); è poco significativo in alcune modifiche funzionali: il cambio di funzione infatti come già detto può avvenire a parità d'involucro o con modifica di involucro; in questo secondo caso infatti potrebbero esserci costi per la costruzione di un nuovo involucro o un ampliamento del vecchio. Il costo di nuova costruzione ovviamente risulta nullo in tutti gli scenari attuali.

Costo sociale: una delle componenti del costo sociale, oltre al valore affettivo è quella del numero di persone esposte a rischio (vite umane); per tale motivo è importante capire il numero di abitanti/utilizzatori che possono essere presenti per ogni mq di superficie (indice di affollamento) e capire in quali ore della giornata le persone occupano i vari « contenitori », siano essi residenze, uffici, strutture recettive o commerciali. Ovviamente il costo sociale avrà un peso molto più consistente in ogni scenario attuale in corrispondenza delle zone a rischio sismico elevato e in ogni modifica riferita alla residenza e sarà invece inferiore in corrispondenza di scenari che coinvolgono il terziario e il commerciale proprio perché soggetti ad un'esposizione minore rispetto alla residenza (in termini di vite umane durante l'arco della giornata) e caratterizzati anche da un minor carattere affettivo.

Costo di servizi annessi, di nuove infrastrutture, di parcheggi e di verde: varia a seconda dei diversi scenari e in base alle esigenze e alle necessità associate ad ogni singola funzione. Molto spesso ad esempio in corrispondenza di una modifica funzionale si passa da destinazioni d'uso che non prevedono grandi quantità di servizi annessi, parcheggi o aree a verde a funzioni invece che le richiedono come parte integrante della stessa: ad esempio uffici e centri commerciali prevedono grandi aree verdi e destinate a parcheggio molto di più rispetto alle classiche residenze, che al contrario richiedono tutta una serie di servizi di quartiere nei dintorni.

Valutazione dei costi degli scenari di progetto: servizi

Lo studio al quale sono state sottoposte le tre categorie di destinazioni d'uso (residenziale, terziaria e commerciale), è stato anche applicato alla categoria dei servizi urbani strettamente legati alla residenza.

Da questo studio è emerso come alcuni dei “ contenitori” facilmente individuabili all'interno di un ambito urbano di intervento possono non sempre essere oggetto di modifiche areali o funzionali: si tratta cioè di quelle strutture molto vincolate e strettamente connesse al territorio nel quale si trovano al momento del sisma sia per il tipo di servizio che offrono (ad esempio ospedali, carceri e impianti per lo sport spettacolo) , sia per ciò che essi rappresentano (i cosiddetti “luoghi antropologici”, luoghi cioè simbolo per i cittadini, elementi primari della città, che sono identificativi di una popolazione e con la quale la popolazione ha un forte legame).

Per questi tipi di edifici infatti risulta sconsigliabile e spesso impossibile l'intervento di cambio di funzione o spostamento dell'involucro; si consiglia infatti, ove possibile, un intervento di adeguamento e miglioramento sismico.

Per un'oggettiva difficoltà e spesso impossibilità di modifica funzionale, molto spesso a causa di elevati costi economici e incompatibilità funzionale, si è deciso di prendere in considerazione soltanto scenari che rappresentassero o lo stato attuale o modifiche areali mantenendo così inalterata la funzione creando soltanto traslazioni spaziali dell'involucro da una zona di pericolosità sismica 1 ad una di pericolosità 4.

servizi	scenari	stato attuale e modifiche areali	manutenzione	nuova costruzione	sociale
SCUOLA	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	III
UNIVERSITA'	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	III
BIBLIOTECA	Stato Attuale	1	I	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	I	I	-
OSPEDALE	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4			
ASILO NIDO	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
SERVIZI ASSISTENZIALI	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
STRUTTURE DELLA P.A.	Stato Attuale	1	I	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
FARMACIA	Stato Attuale	1	I	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
CENTRI CULTURALI	Stato Attuale	1	I	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
MUSEI E GALLERIE	Stato Attuale	1	I	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	-	I	-
LUOGHI ANTROPOLOGICI	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4			
GRANDI PARCHI	Stato Attuale	1	II	-	III
	Mod. Areale	1 → 4	-	II	-
CARCERI	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4			
IMPIANTI PER LO SPORT SPETTACOLO	Stato Attuale	1	I	-	I
	Mod. Areale	1 → 4			

servizi	scenari	stato attuale e modifiche areali	servizi annessi	infrastrutture	parcheggi	verde
SCUOLA	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	I	I	I	I
UNIVERSITA'	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	I	I	I	I
BIBLIOTECA	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	III	III	II	II
OSPEDALE	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	SCONSIGLIATO			
ASILO NIDO	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	III	III	II	II
SERVIZI ASSISTENZIALI	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	II	I	I	I
STRUTTURE DELLA P.A.	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	III	-	III	III
FARMACIA	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	-	-	III	-
CENTRI CULTURALI	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	III	III	II	II
MUSEI E GALLERIE	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	II	III	II	II
LUOGHI ANTROPOLOGICI	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	SCONSIGLIATO			
GRANDI PARCHI	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	I	I	I	I
CARCERI	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	SCONSIGLIATO			
IMPIANTI PER LO SPORT SPETTACOLO	Stato Attuale	1	-	-	-	-
	Mod. Areale	1 → 4	SCONSIGLIATO			

Matrici dei servizi e relativi costi

Costo di manutenzione: Il costo di manutenzione ovviamente risulta essere indispensabile in ogni scenario che individua la situazione attuale e nullo in corrispondenza di ogni modifica areale: nel momento in cui ogni contenitore si trova in Zona 1 e per ragioni economiche, piuttosto che sociali sarebbe sconveniente attuare scenari di modifiche areali, il costo di manutenzione è il risultato di importanti opere di risanamento, miglioramento e adeguamento sismico che risultano essere imprescindibili dato che si tratta di involucri soggetti ad un'elevatissima esposizione sismica. Al contrario invece mettendo in atto modifiche areali il costo di manutenzione è nullo perché fisicamente si sposta nello spazio il servizio in Zona 4, dove l'esposizione sismica risulta essere minima.

Costo di nuova costruzione: Al contrario del costo di manutenzione, il costo di nuova costruzione è ovviamente nullo nel caso del mantenimento dello stato attuale e risulta elevato nel caso di modifica areale: il progettista dovrà essere in grado di stimare il costo per la costruzione del nuovo involucro contenente importanti servizi in aree più sicure, ma comunque ben collegate ai quartieri residenziali; si dovrà anche effettuare un progetto che possa ben riqualificare l'area abbandonata attraverso l'inserimento di funzioni con una minore esposizione rispetto a quella del servizio precedente, creando spazi urbani ben progettati e pensati che possano arricchire la struttura urbana della città.

Costo sociale: Il costo sociale risulta avere un peso molto importante in corrispondenza di tutti quei servizi che hanno un elevato indice di affollamento e sono frequentati per un numero maggiore di ore nell'arco di tutta la giornata (scuola, università, ospedale, asilo nido, servizi assistenziali, luoghi antropologici, carceri, impianti per lo sport spettacolo). Risulta invece ad un livello inferiore in corrispondenza di modifiche areali che comunque coinvolgono un numero maggiore di utenti strettamente vincolati al servizio e che quotidianamente ne godono (scuola, università). Il costo sociale invece risulta praticamente irrilevante in corrispondenza di tutti gli scenari attuali di progettazione e di quelle modifiche areali che non implicano "stravolgimenti" particolari nella vita degli utenti.

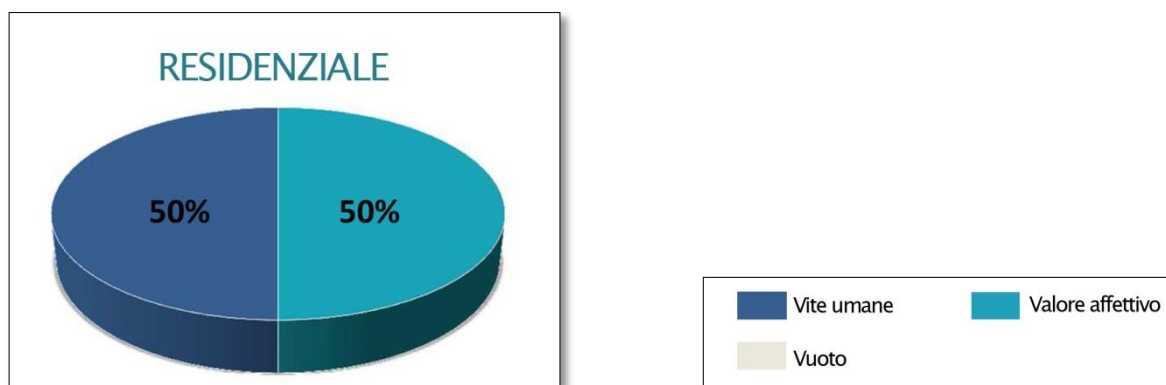
Costo di servizi annessi, di nuove infrastrutture, di parcheggi e di verde: Nel momento in cui si mettono in atto modifiche areali spesso si devono garantire servizi annessi al servizio "spostato", soprattutto per quelle strutture frequentate quotidianamente e da un numero importante di utenti come ad esempio i complessi scolastici e universitari, ai quali deve essere garantita una gamma di servizi non indifferente: zone ristoro, aree verdi, aree a parcheggio ecc... Al contrario invece per quei servizi meno frequentati o comunque frequentati da un numero di persone limitato durante l'arco della giornata, non sono richiesti grandi inserimenti di servizi aggiuntivi (biblioteche, asili nido, strutture della p.a., farmacia e centri culturali).

Il costo sociale

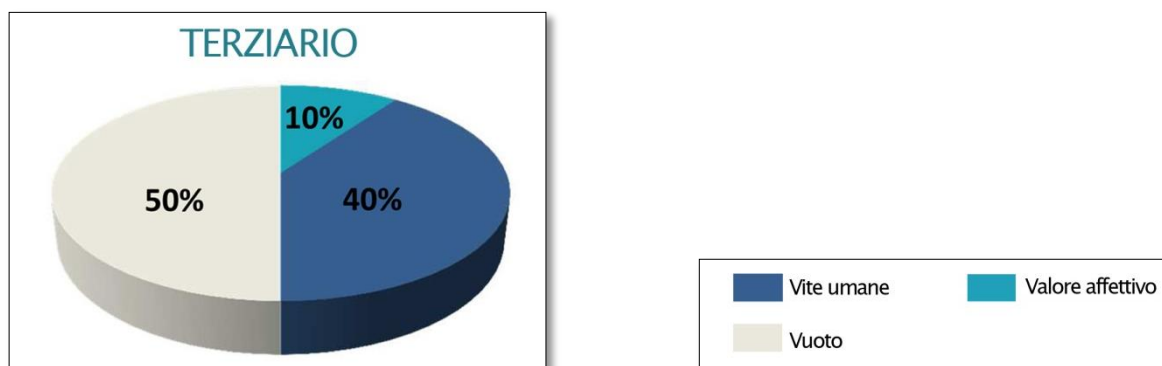
Ogni tipo di intervento, sia esso una modifica areale o funzionale, è strettamente collegato al costo sociale. Quest'ultimo è calcolato tenendo in considerazione le sue due componenti: esso si suddivide infatti in vite umane e valore affettivo.

La prima componente riferita alle vite umane è a sua volta strettamente collegata al concetto di indice di affollamento che indica il numero di abitanti/ utilizzatori per ogni mq di superficie fondiaria. E' anche vero che non si può prescindere dal tempo (ore) in cui gli utenti sono presenti

all'interno del contenitore. Questo infatti come già accennato va a determinare l'esposizione dell'involucro. Al costo sociale sono stati assegnati dei valori di riferimento per ogni destinazione d'uso: al residenziale è stato assegnato il valore massimo del 100% proprio per voler rimarcare il fatto che la residenza ha un'esposizione (E) molto elevata e il massimo valore affettivo attribuibile: in termini di valore affettivo e numero di vite umane soggette al rischio sismico la residenza risulta essere la destinazione d'uso alla quale poter associare un valore del costo sociale molto elevato, tanto da diventare il valore di riferimento. Avendo assegnato il valore massimo del costo sociale alla funzione di residenza, si è ipoteticamente suddiviso tale valore del costo sociale in un 50% di vite umane (legate all'affollamento ed esposizione) e un 50% di valore affettivo.

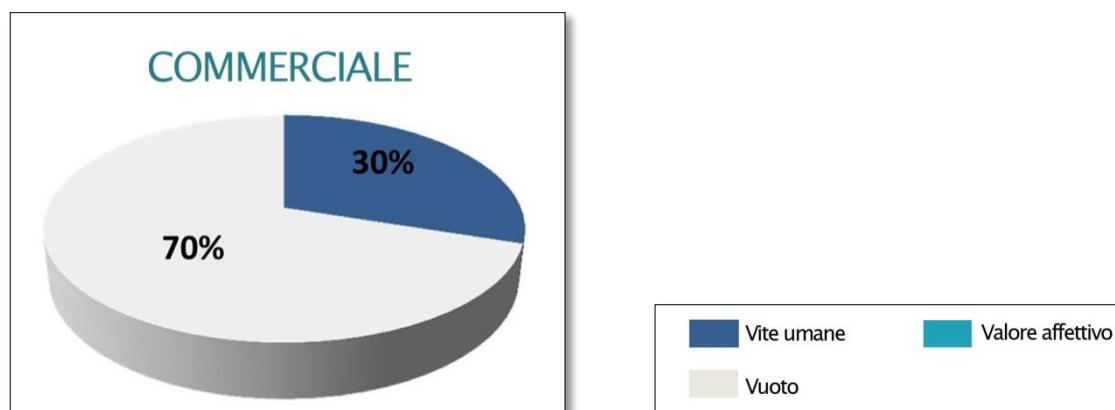


Al terziario è stato assegnato un valore del costo sociale pari a circa il 50 %, quindi la metà rispetto alla funzione residenziale. Il costo sociale infatti risulta qui avere un peso decisamente inferiore rispetto al caso della residenza: ciò dipende dal fatto che l'esposizione si riduce notevolmente perché i contenitori che ospitano tale funzione sono vissuti magari da un numero di persone molto più ampio, ma sicuramente all'interno di un arco tempo temporale molto più ristretto; inoltre anche il valore affettivo attribuibile ad un terziario (uffici, strutture ricettive e del turismo, industrie,..) è sicuramente di molto inferiore alla residenza che è il termine di paragone assoluto.



Avendo assegnato in maniera ipotetica un valore del 50% al costo sociale alla funzione del terziario, si suddivide tale percentuale in una componente pari al 40% riferita alle vite umane e circa il 10% riferita al valore affettivo, proprio per marcare in maniera netta il gap tra il costo sociale assegnato al residenziale e quello assegnato al terziario.

Infine nel caso del commerciale il costo sociale è davvero minimo e dipendente quasi ed esclusivamente dal valore di esposizione molto basso legato al contenitore dato che il valore affettivo associato a tale funzione è considerato nullo.



Si attribuisce ipoteticamente un valore del 30% al costo sociale riferito al Commerciale, unicamente identificato dalla componente legata alle vite umane, ipotizzando un valore affettivo nullo.

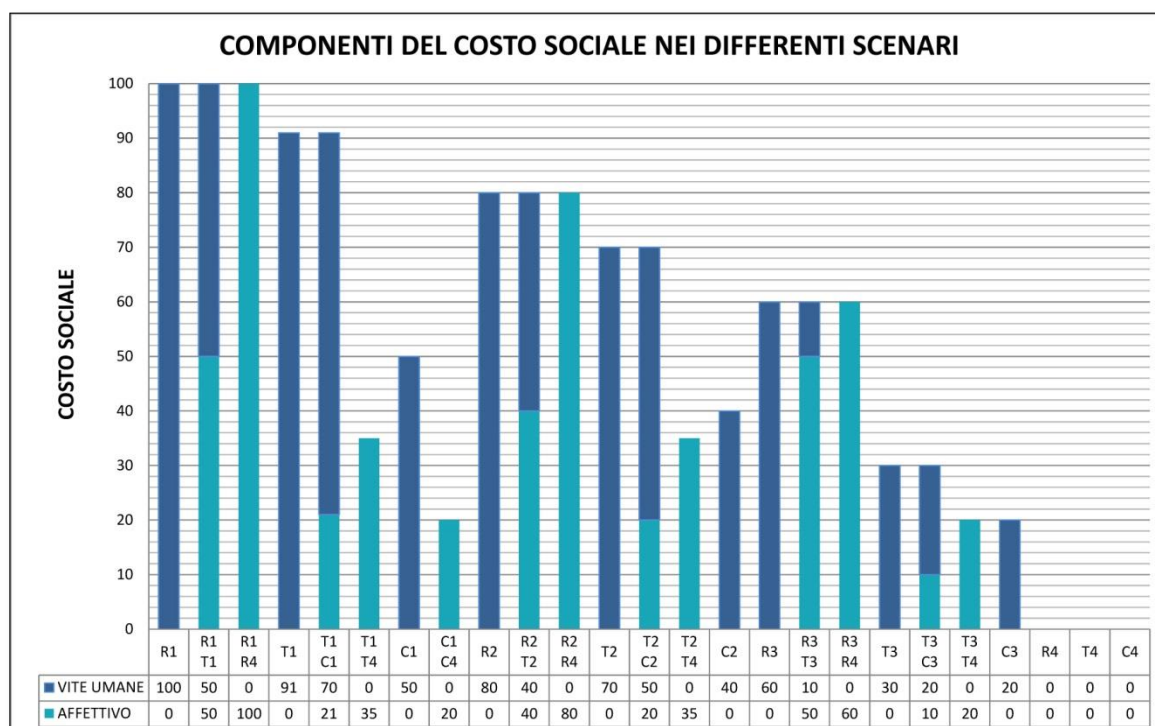


Grafico che descrive il costo sociale nei vari scenari di progetto

Nel grafico viene rappresentato un andamento qualitativo del costo sociale. Alla residenza in Zona 1, la più pericolosa e quella con esposizione maggiore è associato il valore massimo del costo sociale che corrisponde al valore del 100%. Inoltre è ben chiaro come diminuendo il rischio sismico, diminuisca il costo sociale fino ad annullarsi in corrispondenza delle funzioni in Zona 4 (R_4 , T_4 , C_4). Altra cosa che deve essere sottolineata è che allo stato attuale, cioè in assenza di modifiche areali o funzionali, il costo sociale è identificato solo dalla componente delle vite umane esposte a rischio ad esclusione dei casi R_4, T_4, C_4 a cui viene associato un costo sociale nullo. In corrispondenza di questi scenari infatti ciò che viene messo in gioco non è il valore affettivo legato all'immobile privato proprio perché non è prevista nessuna modifica né di funzione, né di trasferimento spaziale dell'involucro (che sarebbero le principali cause di un elevato costo sociale dato dal valore affettivo), quanto il valore delle vite umane che sono a rischio perché in zone sismiche ad elevata pericolosità. Al contrario ad ogni modifica areale (da R_1 a R_4 , da T_1 a T_4 , da C_1 a C_4 , da R_2 a R_4 , da T_2 a T_4 , da R_3 a R_4 , da T_3 a T_4) corrisponde una variazione di costo sociale riconducibile unicamente al valore affettivo: vengono infatti salvaguardate le vite umane per il fatto che la popolazione viene trasferita da zona 1 (alta pericolosità ed esposizione elevata) ad una zona 4 (più sicura); al contempo però ne risentono i valori affettivi legati all'immobile che viene, magari dopo anni, abbandonato. L'immobile potrebbe infatti rappresentare nel caso più doloroso una proprietà privata che potrebbe essere il frutto di sacrifici di vita, simbolo del focolare, affetto di famiglia, oppure il proprio ufficio, la scuola, l'asilo di quartiere ecc.. Quando invece si considerano le modifiche funzionali si ha una variazione del costo sociale dipendente sia dal valore affettivo che da quello di vite umane: ovviamente la componente affettiva risulta essere più rilevante nel caso in cui si consideri la residenza; nel caso del commerciale e del terziario questa componente ha sicuramente meno peso.

La vulnerabilità sociale

La scienza e la ricerca della vulnerabilità si basano sulla multidisciplinare tradizione di pericoli e ricerca di disastri. Sebbene esista una moltitudine di definizioni, vulnerabilità è qui definita come la perdita potenziale e coinvolge una combinazione di fattori che determinano il grado in cui una vita di una persona o la sussistenza è messa a rischio da un evento particolare. In generale, per vulnerabilità ai rischi ambientali si intende perdita potenziale. Poiché le perdite variano geograficamente, nel tempo, e tra diversi gruppi sociali, la vulnerabilità varia nel tempo e nello spazio.

Le Vulnerabilità socialmente create sono in gran parte ignorate, soprattutto a causa della difficoltà di quantificarle, il che spiega anche perché le perdite sociali sono normalmente assenti in una stima del rapporto costo/perdita successivo ad un disastro. Invece, la vulnerabilità sociale è spesso descritta in base a caratteristiche individuali delle persone (età, razza, la salute, il reddito, il tipo di unità abitativa, lavoro).

La Vulnerabilità sociale è in parte il prodotto di disuguaglianze sociali. Tuttavia, include anche disuguaglianze del luogo, quelle caratteristiche delle comunità e dell'ambiente costruito, come ad

esempio il livello di urbanizzazione, i tassi di crescita, e la vitalità economica, che contribuiscono allo sviluppo della vulnerabilità sociale dei luoghi.

Le differenze in base alla ricchezza, sesso, razza e classe, la storia, l'organizzazione socio-politica e l'influenza dei modelli di danni delle catastrofi, la mortalità e la capacità delle comunità di ricostruzione dopo un disastro, producono variazioni della vulnerabilità tra gruppi di persone e tra i luoghi. Approcci teorici e di analisi sono stati sviluppati per affrontare la vulnerabilità agli impatti delle catastrofi in cui i concetti esposizione, resistenza e resilienza sono spesso punti di partenza.

L'esposizione è una misura del rischio che è direttamente relativa alle caratteristiche ambientali in un luogo particolare. La resistenza misura la capacità di una popolazione di proteggersi da una minaccia ambientale; infine la resilienza affronta la capacità di reagire di una popolazione e la capacità di recupero a seguito di una catastrofe.

L'esposizione è correlata alle caratteristiche ambientali di un luogo, mentre la resistenza e la resilienza sono le caratteristiche di un individuo, di un gruppo o di un sistema socio-economico. La sensibilità si riferisce a gradi differenziali di pericolo potenziale e la capacità di un individuo o di una comunità per proteggersi da eventi futuri, mentre resilienza indirizza un individuo o una comunità alla capacità di adattamento durante e dopo un estremo evento.

La vulnerabilità sociale non è un fenomeno direttamente osservabile e di conseguenza è spesso descritta utilizzando una serie di indicatori che includono l'età, la razza, la salute, il reddito, e la qualità dell'ambiente costruito. Il metodo utilizzato per la modellazione è l'indice di vulnerabilità sociale (Social Vulnerability Index_ SOVI), una metrica comparativa robusta che utilizza fattori socio-economici, l'ambiente demografico e costruito.

Utilizzato come strumento per esplorare ampi modelli tra i luoghi, il Sovi si basa sulla ricerca delle influenze principali della vulnerabilità sociale: età, sesso, razza, educazione, stato socio-economico, la qualità dell'ambiente costruito ecc.

La mappatura della vulnerabilità in questo modo delinea il grado in cui alcuni posti sono più vulnerabili di altri, e mette in evidenza le unità geografiche che sono alle estremità della distribuzione, ad esempio, alta e bassa vulnerabilità sociale. Notare che il Sovi non è una misura assoluta di vulnerabilità, ma un confronto. Lo stato socio-economico basso è considerato il più grande contributore di vulnerabilità sociale. Essenzialmente, le famiglie con insufficienti riserve finanziarie sono suscettibili ad essere colpite in modo sproporzionato da una catastrofe. I poveri spesso soffrono di tassi di mortalità più elevati, e le loro case possono sostenere maggiori danni in seguito di un evento significativo.

La seconda componente identificata è l'etnia che, negli studi effettuati negli USA, viene identificata come il significativo successivo fattore che contribuisce alla vulnerabilità.

In questo, la razza contribuisce alla vulnerabilità per la mancanza di accesso alle risorse e la marginalizzazione economica che è spesso associato a disparità razziali ed etniche.

L'età, in particolare la categoria degli anziani, è stata identificata come il terzo fattore che contribuisce all'aumento della vulnerabilità sociale. L'età è un fattore importante, perché gli anziani possono avere problemi di mobilità. Comprendere la distribuzione di vulnerabilità sociale e la variabilità delle singole componenti che contribuiscono alla vulnerabilità è parte integrante della gestione delle catastrofi, pianificazione e mitigazione.

L'impatto di un evento naturale si esprime in modo diverso tra e all'interno delle comunità. Per essere efficaci, i pianificatori di emergenza, manager e coordinatori non devono solo capire gli agenti fisici, ma anche le caratteristiche sociali che danno luogo alla vulnerabilità all'interno delle comunità che essi proteggono.

Un primo passo è identificare e mappare le aree che ospitano quelle popolazioni che possono essere più soggette a perdita e quelle popolazioni che non hanno la capacità di recuperare rapidamente in seguito ad un evento. La mitigazione e pianificazione in tali circostanze possono richiedere un'attenzione speciale in cui differenze culturali e le barriere linguistiche influenzano il modo in cui queste comunità si preparano e rispondono al rischio.

La vulnerabilità come scienza comporta l'esame della combinazione di componenti fisiche, sociali, economiche e politiche che influenzano il grado in cui un individuo, comunità, o il sistema è minacciato da un evento particolare, così come la loro capacità di mitigare queste minacce e recuperare ad evento avvenuto. Sebbene le definizioni e le applicazioni del termine vulnerabilità variano, elementi comuni all'interno della letteratura dei rischi naturali comprendono concetti di esposizione, sensibilità, e la resilienza.

Le 17 componenti che sono state analizzate negli studi effettuati nelle contee degli USA riguardo la Vulnerabilità sociale sono stati suddivisi in 4 macro gruppi:

1. ricchezza e istruzione
2. età e contratto di locazione
3. occupazione e alloggi
4. sesso e razza¹⁴

Valutazione multicriterio del costo sociale: un'ipotesi di metodo

Per descrivere al meglio le componenti che determinano il costo sociale ci si è avvalsi di una valutazione multicriterio che tenesse conto di alcuni parametri fissi che ben lo rappresentano. E' innanzitutto necessario dare alcune definizioni per descrivere i procedimenti utilizzati e le metodologie di valutazione che sono serviti ad analizzare il costo sociale in tutti i suoi aspetti.

La valutazione costituisce un insieme di attività che ha come scopo principale la razionalizzazione di un processo decisionale.

Con il termine valutazione si fa riferimento ad una attività cognitiva, svolta in maniera intenzionale, rivolta a fornire un giudizio su un' azione o complesso di azioni (es. un progetto).

Quando si parla di costo sociale ci si riferisce, come già analizzato, al costo in termini di vite umane e in termini di valore affettivo.

Questi sono identificati come due macro-gruppi principali entro i quali identificare il costo sociale, ma, a loro volta, essi dipendono e includono altri aspetti che vanno a definire più compiutamente il costo sociale:

¹⁴ Traduzione da: Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L (2003) – Social Science Quarterly _ Social Vulnerability to Environmental Hazard, Southwestern Social Science Association, Volume 84, Number 2

- il valore storico-culturale;
- il valore monumentale;
- il valore simbolico;
- il valore estetico.

A seconda dell'ambito di intervento nel quale si opera, piuttosto che a seconda del tipo di funzione che è contenuta nell'involucro che si considera, si determina il valore delle singole componenti del costo sociale: viene così calcolato il costo sociale della singola zona urbana e a quel punto, prendendo in considerazione anche valutazioni più strettamente economiche, si mette in atto uno degli scenari di progettazione sopracitati (adeguamento sismico, modifica areale, modifica funzionale) di modo da ridurre il rischio in caso di eventuali calamità naturali. La valutazione multicriterio si effettua attraverso l'utilizzo della tecnica del confronto a coppie. Attraverso il confronto a coppie si esprime e si quantifica la preferenza di una alternativa rispetto all'altra, singolarmente per ciascun criterio. Esistono diverse scale di misura per quantificare la preferenza tra due alternative:

- 1 quasi indifferenza;
- 2 preferenza minima;
- 3 preferenza media;
- 4 preferenza forte;
- 5 preferenza quasi assoluta;
- 6 preferenza assoluta.

Nel caso in cui i due valori abbiano la stessa rilevanza ed importanza, all'interno dell'ambito preso in considerazione, vengono messi alla pari e quindi non viene espresso alcun tipo di preferenza. Il confronto viene svolto per tutti gli elementi risalendo l'intera gerarchia.

Nel confronto a coppie, la preferenza di un elemento rispetto ad un altro non è mai in senso assoluto, bensì sempre relativa. Per tale motivo si è effettuato il confronto a coppie sia andando a considerare le possibili aree di un'eventuale progettazione e quindi uno studio sui tessuti urbani, sia andando a considerare le funzioni contenute all'interno degli involucri presenti negli stessi tessuti urbani.

Studio per tessuti urbani: sono stati individuati 4 tessuti di riferimento all'interno di una possibile realtà urbana:

1. *Tessuto storico*: E' il tessuto di impianto storico, collocato sugli assi storici ed in prossimità degli edifici centrali del potere civile, politico e religioso. Costituisce la porzione storica più e meglio conservata salvo episodi limitati. E' il tessuto più conservato, di maggior pregio, nel quale non sono ammesse attività edilizie che comportino la completa sostituzione degli edifici. Gli obiettivi riguardano la conservazione dell'impianto e del disegno urbano, nonché delle funzioni originarie per motivazioni di valore ambientale e di memoria storica.

2. *Tessuto consolidato residenziale*: Sono le zone urbane residenziali con un impianto urbanistico chiaro e ben definito, con determinate caratteristiche ben riconoscibili e che si differenziano in maniera netta rispetto al resto della città.
3. *Tessuto consolidato produttivo*: Sono le zone urbane produttive già consolidate nel tempo.
4. *Tessuto di trasformazione*: rientrano in questa categoria tutte quelle aree ormai dismesse da tempo e per le quali si prevede un cambio di destinazione d'uso del suolo: spesso sono vecchi poli industriali abbandonati per i quali vengono ipotizzati numerosi progetti di riqualificazione e bonifica; possono essere o ai margini della città oppure presenti nelle zone del centro urbano.

Il confronto a coppie riguardante lo studio per tessuti urbani ha avuto i seguenti risultati:

1. *Tessuto storico*: il valore storico/ culturale e monumentale dei possibili involucri presenti all'interno del tessuto storico hanno un peso maggiore rispetto al valore simbolico affettivo ed estetico. Si tratta infatti di edifici storici, con valenze architettoniche e monumentali ben evidenti.
2. *Tessuto consolidato residenziale*: all'interno di queste aree sono facilmente individuabili spesso zone residenziali e aree che comunque sono una rappresentanza della vita quotidiana delle persone; a tal proposito il valore affettivo risulta avere un peso molto più evidente rispetto agli altri fattori.
3. *Tessuto consolidato produttivo*: in questo ambito urbano ciò che ha maggior importanza sono i fattori simbolico ed estetico: si tratta infatti di aree industriali spesso legate al lavoro degli abitanti della città e proprio per questi motivi spesso il valore affettivo risulta essere un fattore di secondaria importanza rispetto agli altri che invece identificano questi ambiti come simbolo della città.
4. *Tessuto di trasformazione*: queste aree spesso sono caratterizzate da un valore simbolico ben riconoscibile; sono parti della città che hanno perso la loro passata funzione e che per tanto hanno lasciato un segno indelebile nella storia della città stessa. Sono infatti spesso oggetto di possibili ed eventuali progetti per una riqualificazione dell'area e per tali motivi il valore monumentale insieme a valore storico e soprattutto simbolico risultano i valori che meglio riescono a rappresentare queste realtà.

Studio per funzioni: vengono sempre prese in considerazione le tre principali destinazioni d'uso:

1. Residenziale
2. Terziario
3. Commerciale

Nel caso di confronto a coppie riferito alla funzione i risultati ottenuti sono:

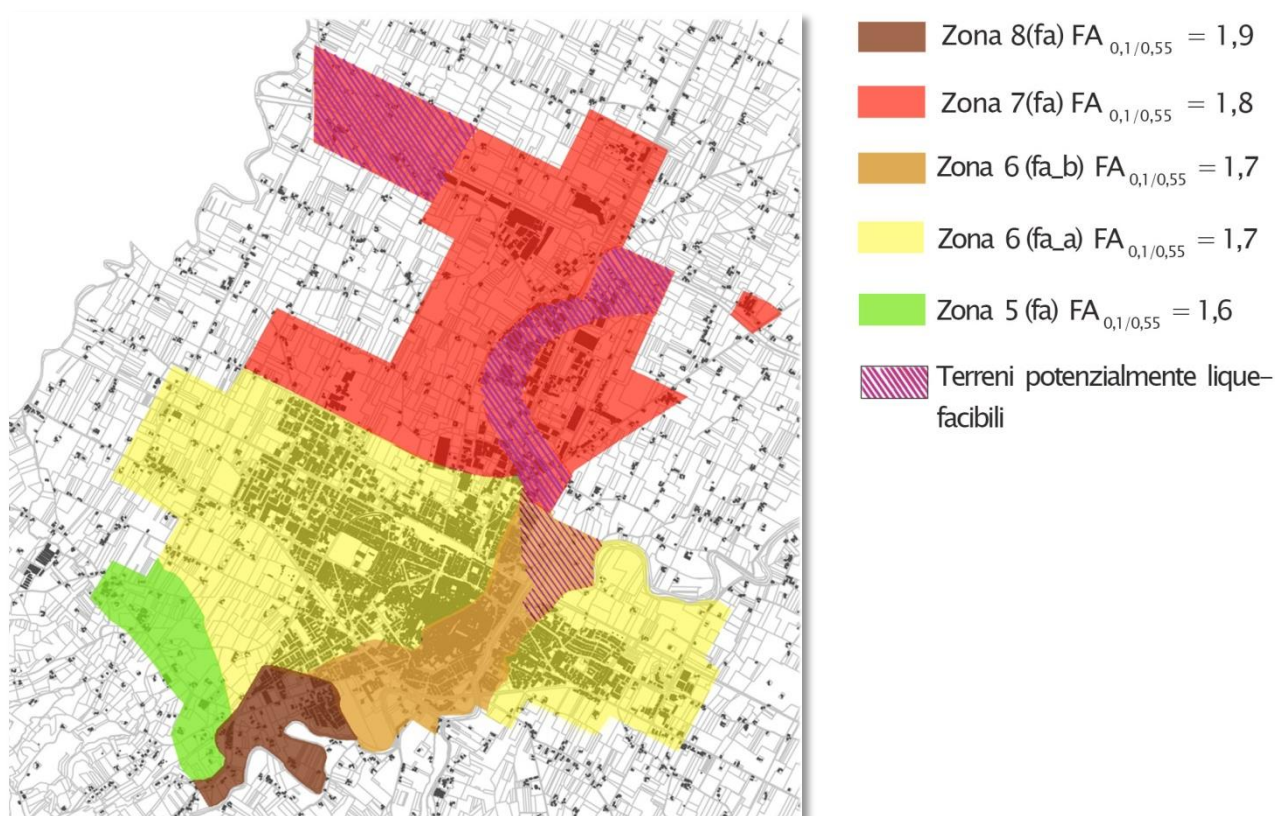
Residenziale: La residenza può essere il frutto di sacrifici di una vita, rappresenta il nucleo familiare, il focolare domestico, gli affetti personali; per questo motivo risulta avere un peso notevole il valore affettivo ad essa associata, come anche il valore simbolico; ovviamente passano in secondo piano il valore storico/culturale , monumentale ed estetico.

Terziario: di questa categoria fanno parte, come già citato, tutte le strutture ricettive, le industrie, gli uffici, e al contrario della residenza hanno molto più peso altri valori rispetto a quello affettivo, che qui risulta essere il fattore con meno rilevanza: il valore simbolico e il valore estetico.

Commerciale: anche in questo caso si sono ottenuto risultati simili al terziario: il valore affettivo monumentale e storico/culturale hanno poca rilevanza; il valore estetico risulta essere per la prima volta il fattore più significativo.

Un caso applicativo: Faenza

Lo studio effettuato è stato utilizzato per un'applicazione esemplificativa nel territorio della città di Faenza: la Regione Emilia-Romagna ha puntato sulla prevenzione del rischio sismico sin dalla fine degli anni '70; crede fermamente che investire in cultura del rischio consenta alla comunità regionale di conoscere e affrontare adeguatamente il problema e significhi aumentare la sicurezza del proprio territorio. Come noto, la finalità di uno studio di microzonazione sismica è quello di identificare e perimetrare in un dato territorio le zone che al loro interno hanno un comportamento sismico omogeneo e di pervenire ad una stima della risposta dei terreni delle diverse zone alle onde sismiche in arrivo al sito durante un prefissato terremoto

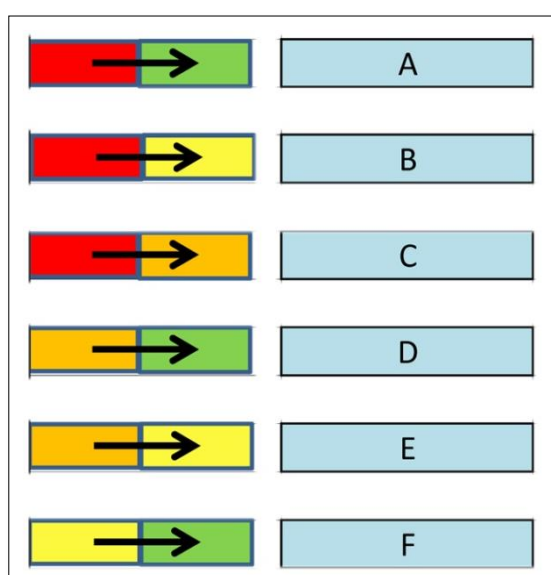


Carta di Micro-zonazione Sismica di Faenza

La tecnica della modifica areale viene applicata, come già citato, quale possibile riduzione del rischio sismico. Con questo tipo di intervento infatti è necessario individuare porzioni di città soggette ad un'elevata pericolosità sismica e cercare di spostarle spazialmente in altre zone urbane caratterizzate da una pericolosità sismica inferiore.

Arrivati a questo punto il problema che ci si pone è cercare di capire quando è conveniente mettere in pratica questa tecnica. Per dare una prima risposta ci si è serviti di un confronto a coppie che mette in relazione tutte le possibili trasformazioni da un'area ad un'altra caratterizzate ciascuna dal proprio fattore di amplificazione (FA) e conseguentemente dal proprio livello di pericolosità sismica.

Considerando che per ridurre il rischio sismico si procede da aree a pericolosità elevata, a zone a pericolosità ridotta, si sono individuate queste trasformazioni areali:



Schema delle possibili modifiche areali

- Modifica A: Modifica areale da una zona rossa con FA= 1,8 ad una verde con FA=1,6;
- Modifica B: Modifica areale da una zona rossa con FA= 1,8 ad una gialla con FA=1,7;
- Modifica C: Modifica areale da una zona rossa con FA= 1,8 ad una arancione con FA=1,7;
- Modifica D: Modifica areale da una zona arancione con FA= 1,7 ad una verde con FA=1,6;
- Modifica E: Modifica areale da una zona arancione con FA= 1,7 ad una gialla con FA=1,7;
- Modifica F: Modifica areale da una zona gialla con FA= 1,7 ad una verde con FA=1,6;

Si è effettuata una valutazione attraverso la tecnica del confronto a coppie e si sono individuate modifiche opportune e pressoché obbligatorie rappresentate da valori medio-alti ai quali è associato una “percentuale di vantaggio di intervento” del 100%, 75%, 45% e 30%.

Il 30 % è stata indicata come la soglia minima di fattibilità al di sotto della quale risulta sconsigliato mettere in atto ogni modifica areale. Risultano dopo lo studio e la verifica del

confronto a coppie pertanto favorevoli le modifiche areali A,B,C,D e sconsigliate le modifiche areali in corrispondenza di un indice di fattibilità al di sotto del 30% (modifiche E ed F).

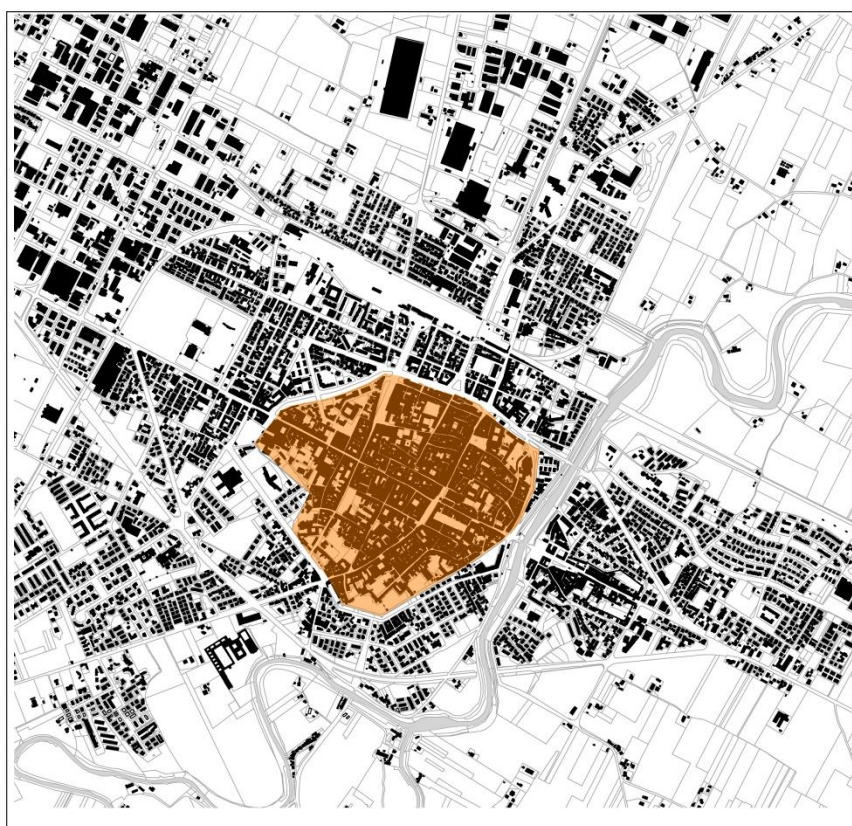
Studio dei tessuti urbani

Per ciascun tessuto urbano di Faenza è stato effettuato uno studio che ha permesso di identificare le possibili modifiche areali e funzionali da poter mettere in atto. Si sono effettuate delle valutazioni multicriterio, basate sul confronto a coppie, delle componenti del costo sociale per ogni tessuto tenendo in considerazione i rispettivi indici di fabbricabilità fondiaria indicati nei corrispondenti articoli del Piano Regolatore Generale: così facendo si sono determinati i valori, riferiti al costo sociale, di ciascun sito.

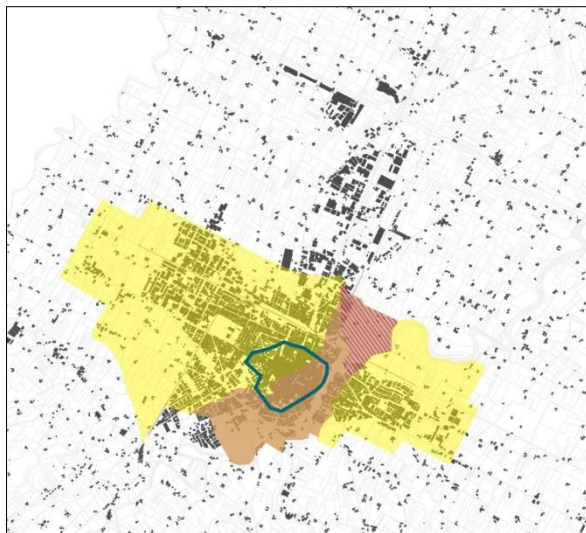
Come già precedentemente indicato si sono analizzati i seguenti tessuti urbani:

- Il tessuto storico
- Il tessuto consolidato residenziale
- Il tessuto consolidato produttivo
- Il tessuto di trasformazione

Il tessuto storico



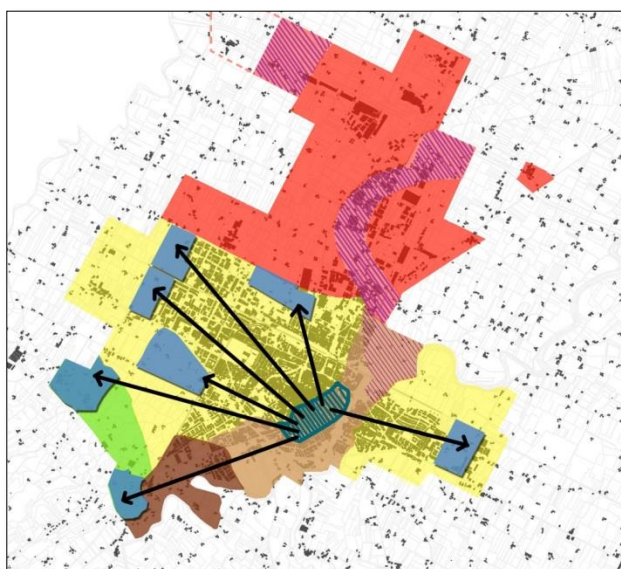
Il centro storico della città di Faenza è ben individuabile grazie alla presenza delle mura antiche che lo racchiudono. Ha un area territoriale di circa 88.000 mq e un area fondiaria di 68.000 mq. E' stato analizzato il tessuto tenendo in considerazione la carta di microzonazione sismica: il centro antico ricade in un'area caratterizzata da una pericolosità media corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,7 (zona gialla e arancione).



Il centro storico e la micro-zonazione sismica

Basandosi sull'analisi di fattibilità delle modifiche areali si individua come unica parte soggetta a modifica spaziale l'area del centro storico individuata nella parte arancione. Vengono così indicate i possibili trasferimenti areali nelle zone di completamento ed espansione precedentemente selezionate:

- *Modifica D:* dall'arancione (FA= 1,7) al verde (FA= 1,6)
- *Modifica E:* dall'arancione (FA= 1,7) al giallo (FA= 1,7)



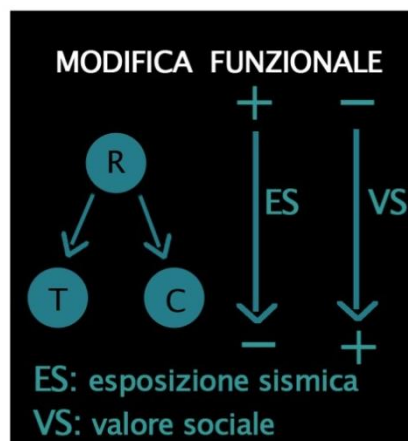
Eventuali spostamenti areali senza tener conto della valutazione di fattibilità

In seguito all'analisi di fattibilità la modifica E (dall'area arancione a quella gialla) non viene ritenuta così tanto opportuna e conveniente da dover essere applicata e messa in atto. Per tanto le uniche azioni possibili per effettuare una corretta modifica areale per la riduzione del rischio sismico sono individuate dalle modifiche D (dall'arancione al verde), corrispondenti al 30% come indice di fattibilità, nonché soglia minima di intervento.



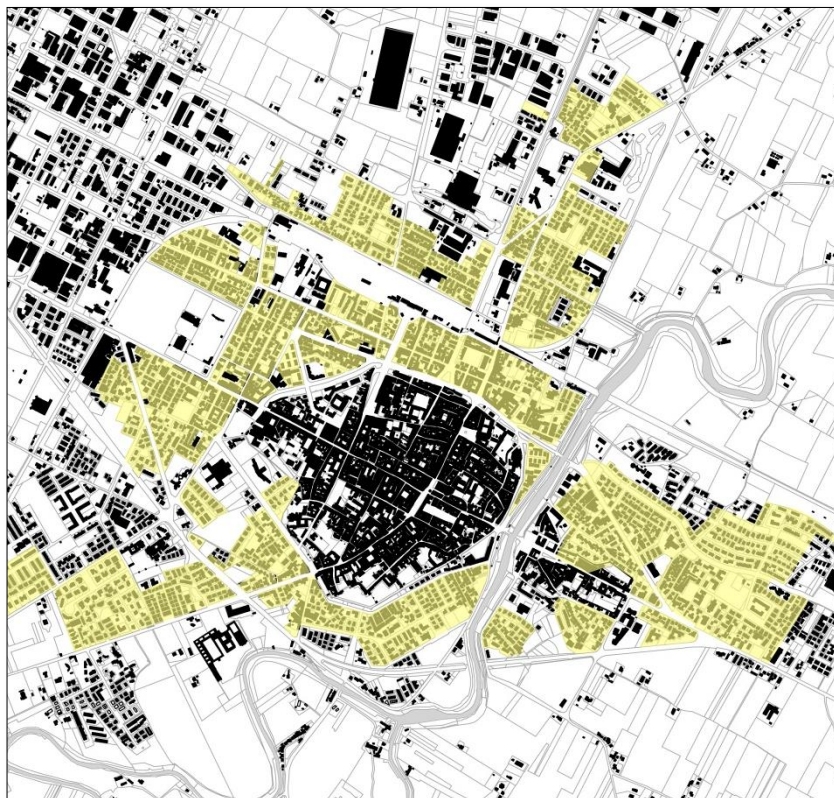
Si è passati poi alla valutazione multicriterio delle componenti del costo sociale riferiti al tessuto storico. I risultati ottenuti precedentemente nell'analisi fatta per tessuti e per funzione sono stati moltiplicati e quindi corretti con l'indice di utilizzazione fondiaria indicato nel PRG all'art. 8 ($U_f = 0,7 \text{ mq/mq}$).

RESIDENZIALE	VAL. STORICO/CULTURALE	18	x	0,7	12,6 +
	VALORE MONUMENTALE	42	x	0,7	29,4 +
	VALORE SIMBOLICO	32	x	0,7	22,4 +
	VALORE ESTETICO	6	x	0,7	4,2 +
	VALORE AFFETTIVO	0	x	0,7	0 =
TERZIARIO	VAL. STORICO/CULTURALE	54	x	0,7	37,8 +
	VALORE MONUMENTALE	42	x	0,7	29,4 +
	VALORE SIMBOLICO	32	x	0,7	22,4 +
	VALORE ESTETICO	15	x	0,7	10,5 +
	VALORE AFFETTIVO	0	x	0,7	0 =
COMMERCIALE	VAL. STORICO/CULTURALE	36	x	0,7	25,2 +
	VALORE MONUMENTALE	28	x	0,7	19,6 +
	VALORE SIMBOLICO	36	x	0,7	25,2 +
	VALORE ESTETICO	33	x	0,7	23,1 +
	VALORE AFFETTIVO	0	x	0,7	0 =

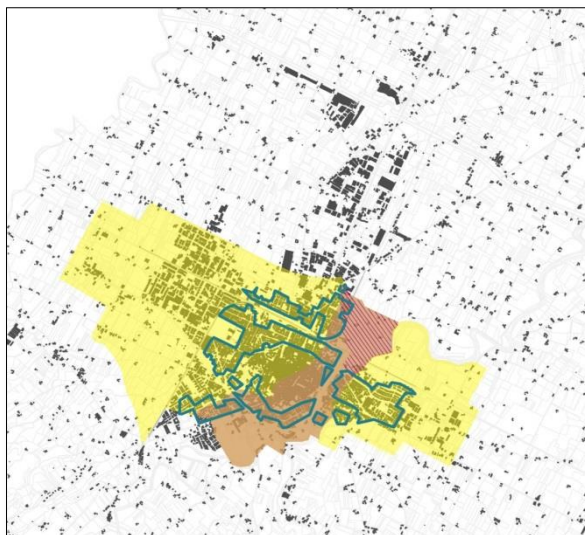


La modifica funzionale prevede il passaggio da una residenza ad un terziario o commerciale: si riduce l'Esposizione Sismica proprio perché si passa da una residenza ad un'altra destinazione d'uso che per i motivi sopracitati risulta avere un'esposizione di molto inferiore; al contempo però aumenta il valore sociale: il valore infatti della residenza in un tessuto storico risulta essere inferiore rispetto ad un terziario o commerciale.

Il tessuto consolidato residenziale



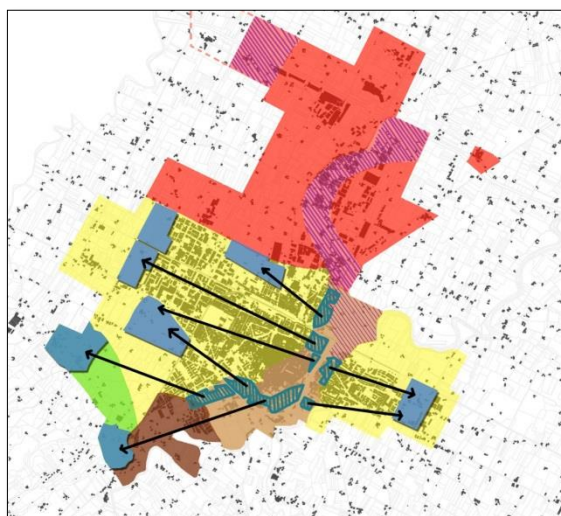
Il consolidato residenziale della città di Faenza si trova per lo più intorno al nucleo storico. Ha un'area territoriale di circa 2.500.000 mq e un'area fondiaria di 2.100.000 mq. E' stato analizzato il tessuto tenendo in considerazione la carta di microzonazione sismica: il consolidato residenziale ricade in un'area caratterizzata da una pericolosità media corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,7 (zona gialla e arancione).



Il consolidato residenziale e la micro-zonazione sismica

Basandosi sull'analisi di fattibilità delle modifiche areali si individua come unica parte soggetta a modifica spaziale l'area del consolidato residenziale individuata nella parte arancione. Vengono così indicate i possibili trasferimenti areali nelle zone di completamento ed espansione precedentemente selezionate:

- *Modifica D*: dall'arancione (FA= 1,7) al verde (FA= 1,6)
- *Modifica E*: dall'arancione (FA= 1,7) al giallo (FA= 1,7)



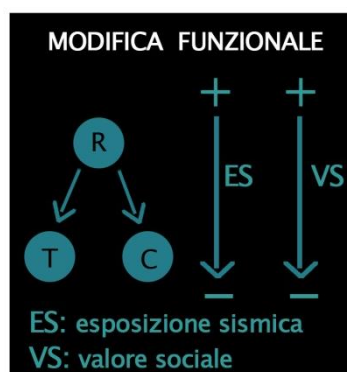
Eventuali spostamenti areali senza tener conto della valutazione di fattibilità

In seguito all'analisi di fattibilità la modifica E non viene ritenuta così tanto opportuna e conveniente da dover essere applicata e messa in atto. Pertanto le uniche azioni possibili per effettuare una corretta modifica areale per la riduzione del rischio sismico sono individuate dalle modifiche D, corrispondenti al 30% come indice di fattibilità, nonché soglia minima di intervento.



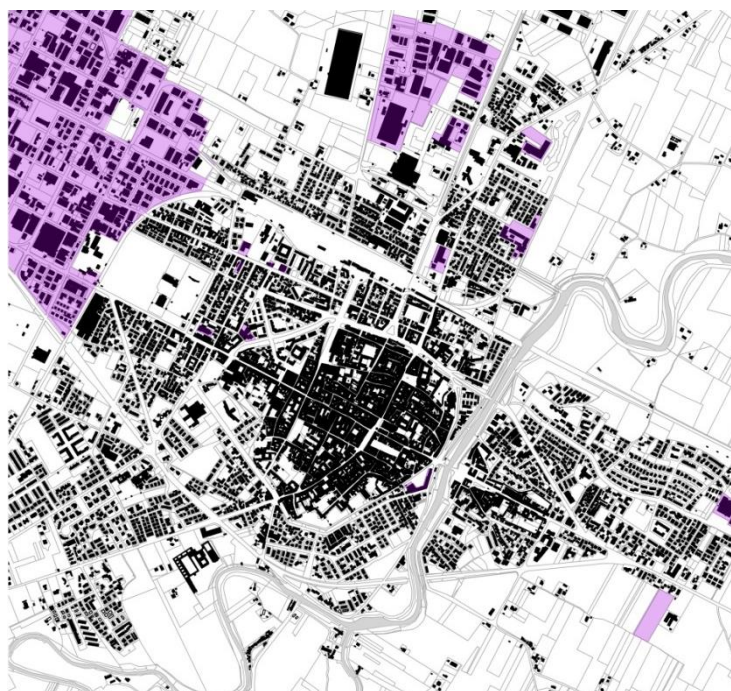
Si è passati poi alla valutazione multicriterio delle componenti del costo sociale riferite al tessuto consolidato residenziale. I risultati ottenuti precedentemente nell'analisi fatta per tessuti e per funzione sono stati moltiplicati e quindi corretti con l'indice di utilizzazione fondiaria indicato nel PRG all'art. 10 ($U_f = 0,7 \text{ mq/mq}$).

RESIDENZIALE	VALORE AFFETTIVO	105	x	0,7	73,5	+
	VAL.SIMBOLICO	48	x	0,7	33,6	+
	VAL. STORICO/CULTURALE	5	x	0,7	3,5	+
	VALORE MONUMENTALE	6	x	0,7	4,2	+
	VALORE ESTETICO	2	x	0,7	1,4	=
TERZIARIO	VALORE AFFETTIVO	14	x	0,7	9,8	+
	VAL.SIMBOLICO	48	x	0,7	33,6	+
	VAL. STORICO/CULTURALE	15	x	0,7	10,5	+
	VALORE MONUMENTALE	6	x	0,7	4,2	+
	VALORE ESTETICO	5	x	0,7	3,5	=
COMMERCIALE	VALORE AFFETTIVO	14	x	0,7	9,8	+
	VAL.SIMBOLICO	54	x	0,7	37,8	+
	VAL. STORICO/CULTURALE	10	x	0,7	7	+
	VALORE MONUMENTALE	4	x	0,7	2,8	+
	VALORE ESTETICO	11	x	0,7	7,7	=

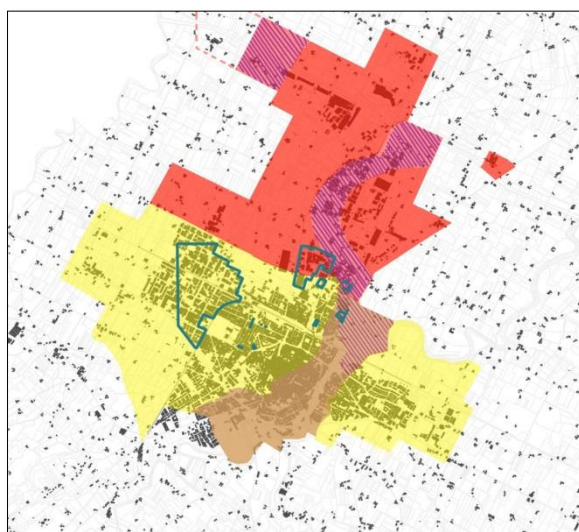


La modifica funzionale prevede il passaggio da una residenza ad un terziario o commerciale: si riduce l'Esposizione Sismica e allo stesso tempo diminuisce notevolmente anche il valore sociale.

Il tessuto consolidato produttivo



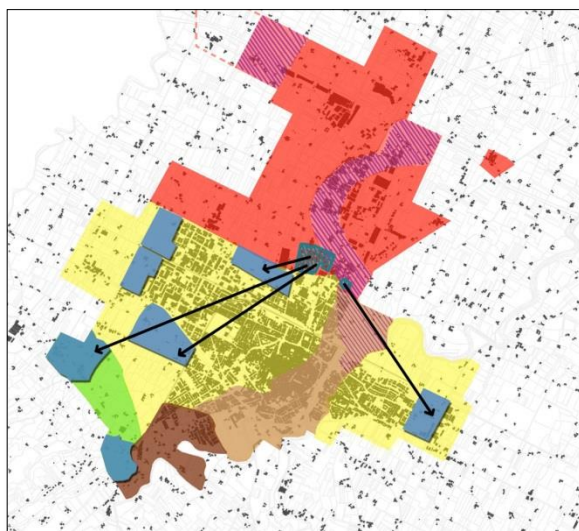
Il consolidato produttivo della città di Faenza si trova per lo più tra il consolidato residenziale e quello di trasformazione. Ha un'area territoriale di circa 2.600.000 mq e un'area fondiaria di 2.000.000 mq. È stato analizzato il tessuto tenendo in considerazione la carta di microzonazione sismica: il consolidato produttivo ricade in un'area caratterizzata da una pericolosità media corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,7 (zona gialla) e una parte in un'area caratterizzata da un'elevata pericolosità corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,8 (zona rossa).



Il consolidato produttivo e la micro-zonazione sismica

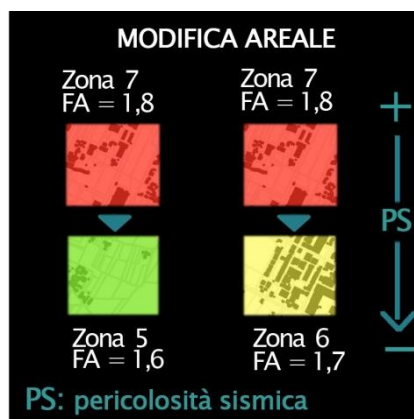
Basandosi sull'analisi di fattibilità delle modifiche areali si individua come unica parte soggetta a modifica spaziale l'area del consolidato residenziale individuata nella parte rossa. Vengono così indicate i possibili trasferimenti areali nelle zone di completamento ed espansione precedentemente selezionate:

- *Modifica A*: dal rosso (FA= 1,8) al verde (FA= 1,6)
- *Modifica B*: dal rosso (FA= 1,8) al giallo (FA= 1,7)



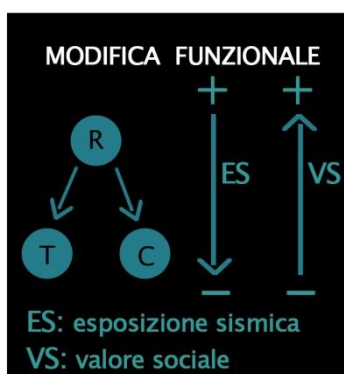
Eventuali spostamenti areali senza tener conto della valutazione di fattibilità

Pertanto le azioni possibili per effettuare una corretta modifica areale per la riduzione del rischio sismico, basandosi su indici di fattibilità elevati, non comprendono spostamenti e modifiche della zona gialla; quest'ultime sono ritenute modifiche non idonee dall'analisi di fattibilità.



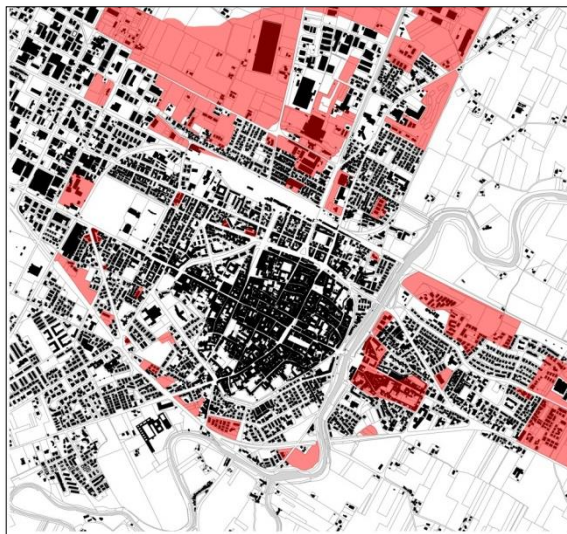
Si è passati poi alla valutazione multicriterio delle componenti del costo sociale riferite al tessuto consolidato produttivo. I risultati ottenuti precedentemente nell'analisi fatta per tessuti e per funzione sono stati moltiplicati e quindi corretti con l'indice di utilizzazione fondiaria indicato nel PRG all'art. 11 ($U_f = 0,45 \text{ mq/mq}$).

RESIDENZIALE	VALORE AFFETTIVO	8	x	0,45	3,6 +
	VAL.SIMBOLICO	15	x	0,45	6,75 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	48	x	0,45	21,6 +
	VALORE MONUMENTALE	9	x	0,45	4,05 +
	VALORE ESTETICO	1	x	0,45	0,45 =
TERZIARIO	VALORE AFFETTIVO	20	x	0,45	9 +
	VAL.SIMBOLICO	2	x	0,45	0,9 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	48	x	0,45	21,6 +
	VALORE MONUMENTALE	9	x	0,45	4,05 +
	VALORE ESTETICO	3	x	0,45	1,35 =
COMMERCIALE	VALORE AFFETTIVO	44	x	0,45	19,8 +
	VAL.SIMBOLICO	2	x	0,45	0,9 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	54	x	0,45	24,3 +
	VALORE MONUMENTALE	6	x	0,45	2,7 +
	VALORE ESTETICO	2	x	0,45	0,9 =



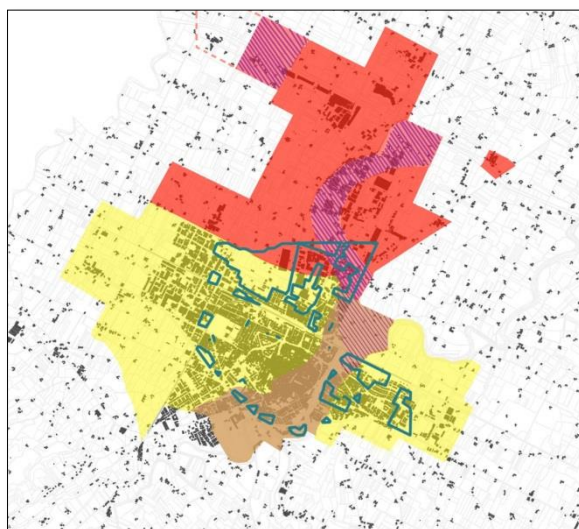
La modifica funzionale prevede il passaggio da una residenza ad un terziario o commerciale: si riduce l'Esposizione Sismica ma aumenta il valore sociale.

Il tessuto di trasformazione



Il consolidato produttivo della città di Faenza si trova per lo più nella parte Nord della città. Ha un'area territoriale di circa 3.150.000 mq e un'area fondiaria di 3.000.000 mq.

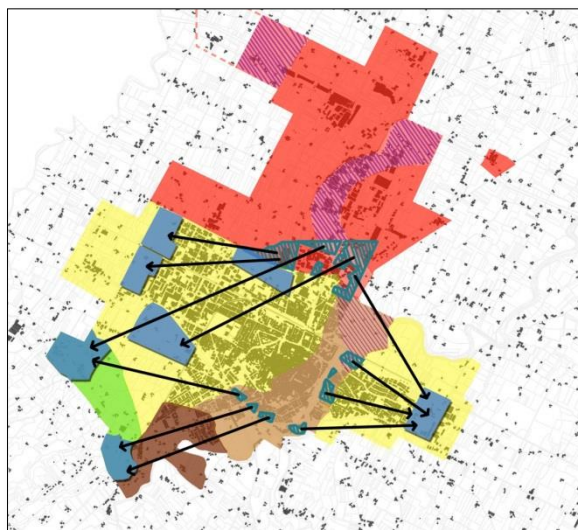
E' stato analizzato il tessuto tenendo in considerazione la carta di microzonazione sismica: il tessuto di trasformazione ricade in un'area caratterizzata da una pericolosità media corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,7 (zona gialla e arancione) e una parte in un'area caratterizzata da un'elevata pericolosità corrispondente ad un fattore di accelerazione di 1,8 (zona rossa).



Il tessuto di trasformazione e la micro-zonazione sismica

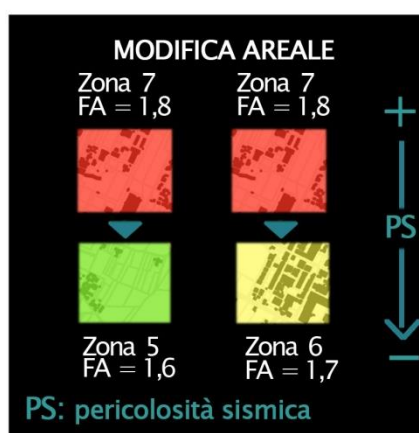
Basandosi sull'analisi di fattibilità delle modifiche areali si individuano come aree soggette a modifica spaziale quelle parti del tessuto di trasformazione che ricadono nella parte rossa e arancione. Vengono così indicate i possibili trasferimenti areali nelle zone di completamento ed espansione precedentemente selezionate:

- *Modifica A*: dal rosso (FA= 1,8) al verde (FA= 1,6)
- *Modifica B*: dal rosso (FA= 1,8) al giallo (FA= 1,7)
- *Modifica D*: dall'arancione (FA= 1,7) al verde (FA= 1,6)



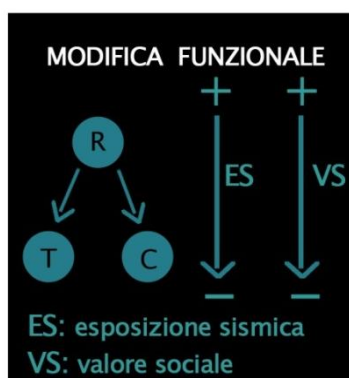
Eventuali spostamenti areali senza tener conto della valutazione di fattibilità

In seguito all'analisi di fattibilità la modifica E (dal giallo al verde) non viene ritenuta così tanto opportuna e conveniente da dover essere applicata e messa in atto.



Si è passati poi alla valutazione multicriterio delle componenti del costo sociale riferite al tessuto di trasformazione. I risultati ottenuti precedentemente nell'analisi fatta per tessuti e per funzione sono stati moltiplicati e quindi corretti con l'indice di utilizzazione fondiaria indicato nel PRG all'art. 11 ($U_f = 0,48 \text{ mq/mq}$).

RESIDENZIALE	VALORE SIMBOLICO	56	x	0,48	26,88 +
	VALORE MONUMENTALE	15	x	0,48	7,2 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	3	x	0,48	1,44 +
	VALORE ESTETICO	4	x	0,48	1,92 +
	VALORE AFFETTIVO	30	x	0,48	14,4 =
TERZIARIO	VALORE SIMBOLICO	56	x	0,48	26,88 +
	VALORE MONUMENTALE	15	x	0,48	7,2 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	9	x	0,48	4,32 +
	VALORE ESTETICO	10	x	0,48	4,8 +
	VALORE AFFETTIVO	4	x	0,48	1,92 =
COMMERCIALE	VALORE SIMBOLICO	63	x	0,48	30,24 +
	VALORE MONUMENTALE	10	x	0,48	0 +
	VAL. STORICO/CULTURALE	6	x	0,48	2,88 +
	VALORE ESTETICO	22	x	0,48	10,56 +
	VALORE AFFETTIVO	4	x	0,48	1,92 =



La modifica funzionale prevede il passaggio da una residenza ad un terziario o commerciale: si riduce l'Esposizione Sismica e allo stesso tempo diminuisce anche il valore sociale.

Scenario ottimale

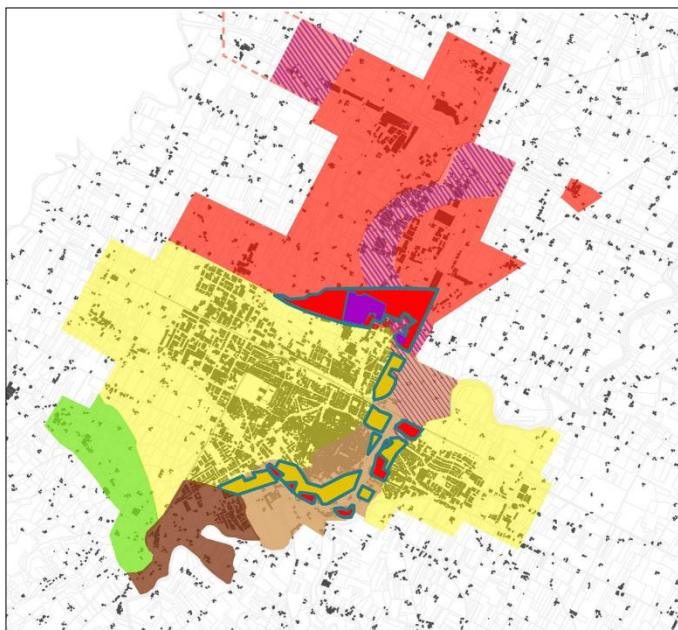
Lo scenario ottimale ha come soggetti della modifica areale sia le zone dei tessuti urbani che ricadono in “*aree rosse*”, sia le zone dei tessuti urbani che ricadono in “*aree arancioni*”. Le aree, oggetto di modifica, sono quindi quelle del primo scenario (aree rosse):

- Tessuto di trasformazione: 646.300 mq di Af
- Tessuto consolidato produttivo: 454.200 mq di Af.

e quelle del secondo scenario (aree arancioni):

- Tessuto di trasformazione: 166.500 mq di Af
- Tessuto consolidato residenziale: 630.000 mq di Af
- Tessuto storico: 315.000 mq di Af

Il totale di Af soggetta dunque a spostamenti spaziali in aree a pericolosità sismica inferiore è di circa 1.897.000 mq (1.100.500 mq dell'area rossa, e 796.500 mq dell'area arancione).



Nel terzo scenario sono state applicate tutte le modifiche ammissibili, rappresentate da un indice di fattibilità al di sopra della soglia minima del 30% (modifiche A, B,C,D).



Terzo scenario: progettazione delle aree di completamento

Basandosi sulla verifica di fattibilità delle modifiche areali si ritiene inopportuna e poco conveniente la modifica E cioè il trasferimento areale dalle aree arancioni alle aree gialle; come primo passo perciò viene applicata la modifica D (il trasferimento cioè di quei tessuti presenti nelle aree arancioni nelle aree verdi a ridotta pericolosità sismica). Viene così nient'altro che applicato il secondo scenario: è occupata un'area verde di circa 796.500 mq lasciando libera una porzione, sempre in area verde, di circa 67.500 mq.

In secondo luogo viene applicata la modifica areale A (dalle zone rosse alla restante porzione verde), andando così a saturare le zone di completamento in area verde e successivamente la modifica areale B (dalle zone rosse alle zone gialle): le zone gialle occupate corrispondono a circa 1.033.000 mq (1.100.500 mq – 67.500 mq).



Lo scenario ottimale è dunque lo scenario migliore per far sì che a parità di tempo venga messa in salvo una quantità maggiore di involucri esposti a pericolosità sismica elevata.

Conclusioni

Applicando le modifiche funzionali ed areali si riesce quindi a ridurre di una certa quantità il valore del rischio sismico e quindi evitare danni ingenti a persone ed edifici. Applicando inoltre tali modifiche l'assetto territoriale e urbanistico si trasforma: vengono trasformate quelle identificate come possibili aree di espansione e completamento ai margini della città esistente, cercando di proporre il mix funzionale tra residenza, produttivo, terziario e commerciale. Tutto questo ovviamente è associato ad una serie di conseguenze logiche strettamente legate all'attuazione di queste modifiche areali per la riduzione del rischio sismico e la creazione di scenari preventivi per il possibile verificarsi di eventi sismici futuri:



Nuovi segni urbani della città dopo l'intervento

- *progettazione urbanistica* delle aree i cui involucri risultano essere soggetti a modifiche areali; quelle aree cioè a pericolosità sismica elevata che dovranno essere riprogettate magari come aree verdi come ad esempio aree gioco per i bambini o giardini o parchi urbani (riducendo così l'esposizione sismica, rispetto alle funzioni presenti prima della modifica spaziale);
- *nuove infrastrutture* di collegamento tra le aree di espansione occupate in seguito alla modifica areale;
- *parco urbano* di nuova progettazione da filtro tra le nuove porzioni di città urbanizzate;
- *ulteriori e possibili aree di espansione* adiacenti alle nuove aree edificate per un'eventuale ampliamento.

E' stato perciò rappresentato lo scenario finale a modifica areale avvenuta: un nuovo assetto della città che possa mettere in sicurezza i suoi abitanti e che possa diventare esempio per eventuali scenari di altre realtà urbane, riducendo e prevenendo così a catastrofici danni causati dall'enorme ed imprevedibile potenza della natura.

Bibliografia

- ¹ Mastellone M.L., - *Gli strumenti di supporto alle decisioni: la valutazione del rischio ambientale*, Napoli.
http://www.campania.istruzione.it/nprogetti/educazione_salute/rifiuti/lezione10.pdf
(data di consultazione Ottobre 2012)
- ² Menoni S., 2005 - *Costruire la prevenzione: Strategie di riduzione e mitigazione dei rischi territoriali*, Pitagora Editrice; pag. 51-52
- ³ Sito Web: Protezione Civile
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=2#pag-content
(data di consultazione Novembre 2012).
- ⁴ NTC2008 - cap 2.1.1
- ⁵ Sito Web: Protezione Civile:
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=1#pag-content
(data di consultazione Novembre 2012)
- ⁶ Gazzolo P.- Peri A., 2012 - *Microzonazione Sismica: uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico_ L'esperienza dell'Emilia-Romagna*, Regione Emilia- Romagna, pag.3
- ⁷ Crespellani T., 2010 - *Microzonazione Sismica: uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico_ L'esperienza dell'Emilia-Romagna*, Regione Emilia - Romagna, pag.22
- ⁸ Sito Web: Protezione Civile:
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/descrizione_sismico.wp?pagtab=3#pag-content
(data di consultazione Novembre 2012)
- ⁹ Menoni S., *op.cit*, pag. 12
- ¹⁰ Menoni S., *op.cit*, pag. 13
- ¹¹ Ferraresi G., Rossi-Doria B., 2008 – Saggio: Scenari strategici come progetto di territorio: contributi alla definizione della scuola territorialista in *Scenari strategici. Visioni identitarie per il progetto di territorio*, Magnaghi Editore
- ¹² Menoni S., *op. cit.*, pag 33-40
- ¹³ Sito Web: INGV: <http://www.xn--cos-8la.com/cose-lingv/> (data di consultazione Gennaio 2013)
- ¹⁴ Traduzione da: Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L (2003) – Social Science Quarterly _ Social Vulnerability to Environmental Hazard, Southwestern Social Science Association, Volume 84, Number 2