

ISTITUTO NAZIONALE DI URBANISTICA INU

**GRUPPO DI LAVORO “VULNERABILITA’ SISMICA URBANA E RISCHI
TERRITORIALI”**



**ESPERIENZE DI VALUTAZIONE DELLA
VULNERABILITA’ SISMICA URBANA
E DI VALUTAZIONE DELLA
VULNERABILITA’ DI AGGREGATI EDILIZI STORICI**

Simona Tondelli - Giovanni Mochi

SICUREZZA SISMICA NEGLI EDIFICI STORICI AGGREGATI

SALONE DEL RESTAURO DI FERRARA - Sala Massari, pad. 4

7 maggio 2015

La **VULNERABILITÀ SISMICA URBANA** esprime l'attitudine al danno sismico che caratterizza ciascun insediamento ed è in gran parte collegabile **all'organizzazione spaziale e funzionale** propria di quel sistema urbano.

Non può ridursi alla valutazione della sommatoria delle singole vulnerabilità edilizie o infrastrutturali, poiché riguarda anche le interazioni tra gli elementi componenti il sistema e l'organizzazione del sistema.

- un insediamento offre una serie di prestazioni “urbane” attraverso i **sistemi funzionali** (abitativo, produttivo, servizi, accessibilità, ecc.) e ciascun sistema ha un proprio livello di prestazioni (standard) ;
- ciascun sistema urbano e ciascun sistema funzionale ha una propria **organizzazione nello spazio** (specializzazione funzionale delle parti del territorio) che influenza la distribuzione **dell’esposizione ‘fisica’ di persone e beni** e i rapporti del sistema con la pericolosità locale;
- ciascun sistema ha **un’organizzazione gerarchica**, con parti più importanti delle altre (esposizione “funzionale”);
- organizzazione spaziale e gerarchica comportano **spostamenti di persone** nell’arco del giorno o dell’anno (variazioni di esposizione) e la necessità di **scambio di risorse** (servizi, energia, acqua, comunicazioni, ecc.) tra le parti del sistema urbano;

Per un sistema urbano, il “**danno sismico**” (= rischio) può essere misurato, oltre che in termini di vittime (morti, feriti, senzatetto) e di danni materiali ai manufatti anche

- come decadimento delle prestazioni dei sistemi funzionali urbani e/o
 - come riduzione della possibilità degli scambi di risorse interni e con l'esterno e/o
 - come alterazione del modello spaziale e organizzativo del sistema urbano.
-
- La prevenzione sismica del danno urbano agisce per ridurre la vulnerabilità urbana, cioè per **contenere il decadimento delle prestazioni** e per **abbreviare il periodo per il ritorno alla normalità**
 - **Integrazione all'interno della pianificazione urbanistica**

RISCHIO A SCALA URBANA

- Pericolosità del territorio, assegnata dalla normativa nazionale
- **sottosistemi funzionali** (residenza, servizi, produzione, accessibilità, ecc.),
- **situazioni geologiche o geomorfologiche** capaci di amplificare gli effetti sismici o provocare cedimenti di terreno (pericolosità locale, studiata mediante la Microzonazione sismica)
 - in tali ambiti il danno può essere superiore a quello atteso in base alla vulnerabilità dei manufatti.
- diverse caratteristiche nel tipo di **tessuto edilizio**, nella **densità** edilizia, nelle **distanze** tra edifici, nelle **relazioni** tra edifici e viabilità o **spazi scoperti**
 - Diverse modalità ed intensità di interazioni strutturali tra edifici o tra edifici e reti, con possibili ulteriori aumenti dell'attitudine al danneggiamento (vulnerabilità aggiuntiva indotta da aggregazione edilizia);
- in alcuni tipi di morfologie urbane, **il danno ad un elemento può propagarsi facilmente ad altri** (inducendo ad es. crolli o l'estensione degli effetti di pericoli tecnologici quali esplosioni, incendi, inquinamenti, ecc.), con ulteriore attitudine al danno (vulnerabilità indotta da manufatti critici come campanili, torri, ciminiere, serbatoi, ecc.)

METODO ED OBIETTIVI

Rivisitazione del metodo per la valutazione di vulnerabilità sismica dei sistemi urbani nei piani urbanistici attuativi messo a punto negli anni '90 dalla Regione Emilia Romagna (Irene Cremonini).

METODO SPEDITIVO SEMIQUANTITATIVO:

- 1) Ricerca delle origini storiche e analisi della situazione attuale del centro urbano
- 2) Sopralluoghi con rilevazione delle tipologie edilizie, in particolare nel centro storico
- 3) Compilazione di schede di analisi di tutti gli isolati
- 4) **VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI**

RISULTATI:

- 1) Definizione di un **PRIMO LIVELLO DI CONOSCENZA** del centro e dei sistemi
- 2) Quadro delle vulnerabilità dei diversi sistemi presenti e caratterizzazione unità territoriali
- 3) Elaborazione di proposte: **POLITICHE DI PIANIFICAZIONE** ed **AZIONI PROGETTUALI**
- 4) Individuazione delle **PRIORITÀ**

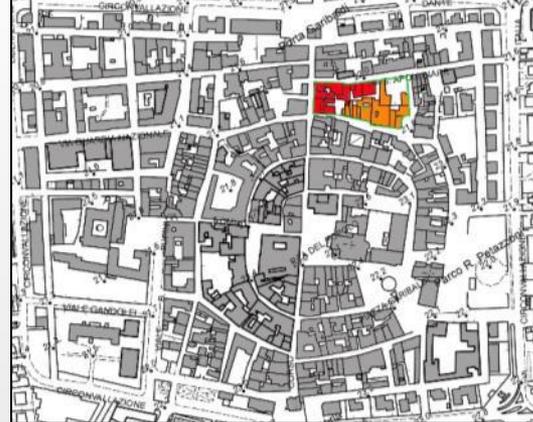
ESEMPIO: APPLICAZIONE DEL METODO AL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO

AGGREGATI

Dalla Circolare n. 617 delle NTC 2008, l' **aggregato edilizio** viene definito come costituito da un insieme di parti che sono il risultato di una genesi articolata e non unitaria, dovuta a molteplici fattori (sequenza costruttiva, cambio di materiali, mutate esigenze, avvicinarsi dei proprietari...)

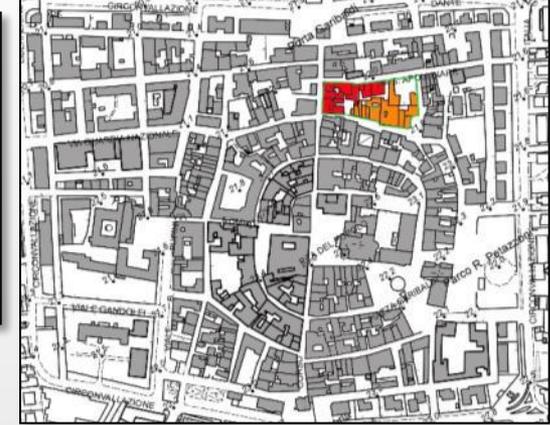
- Individuazione aggregati
- Definizione delle unità edilizie
- Conoscenza della storia evolutiva
- Lettura critica
- Individuazione sub-aggregati
- Rielaborazione dei dati attraverso un metodo speditivo per la valutazione qualitativa della vulnerabilità aggiuntiva

AGGREGATO 2



AGGREGATO 2

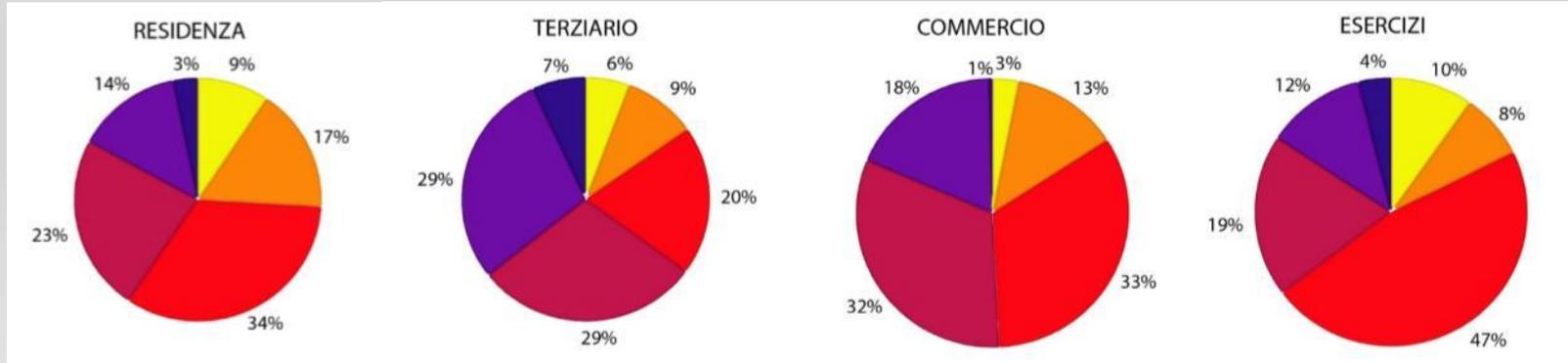
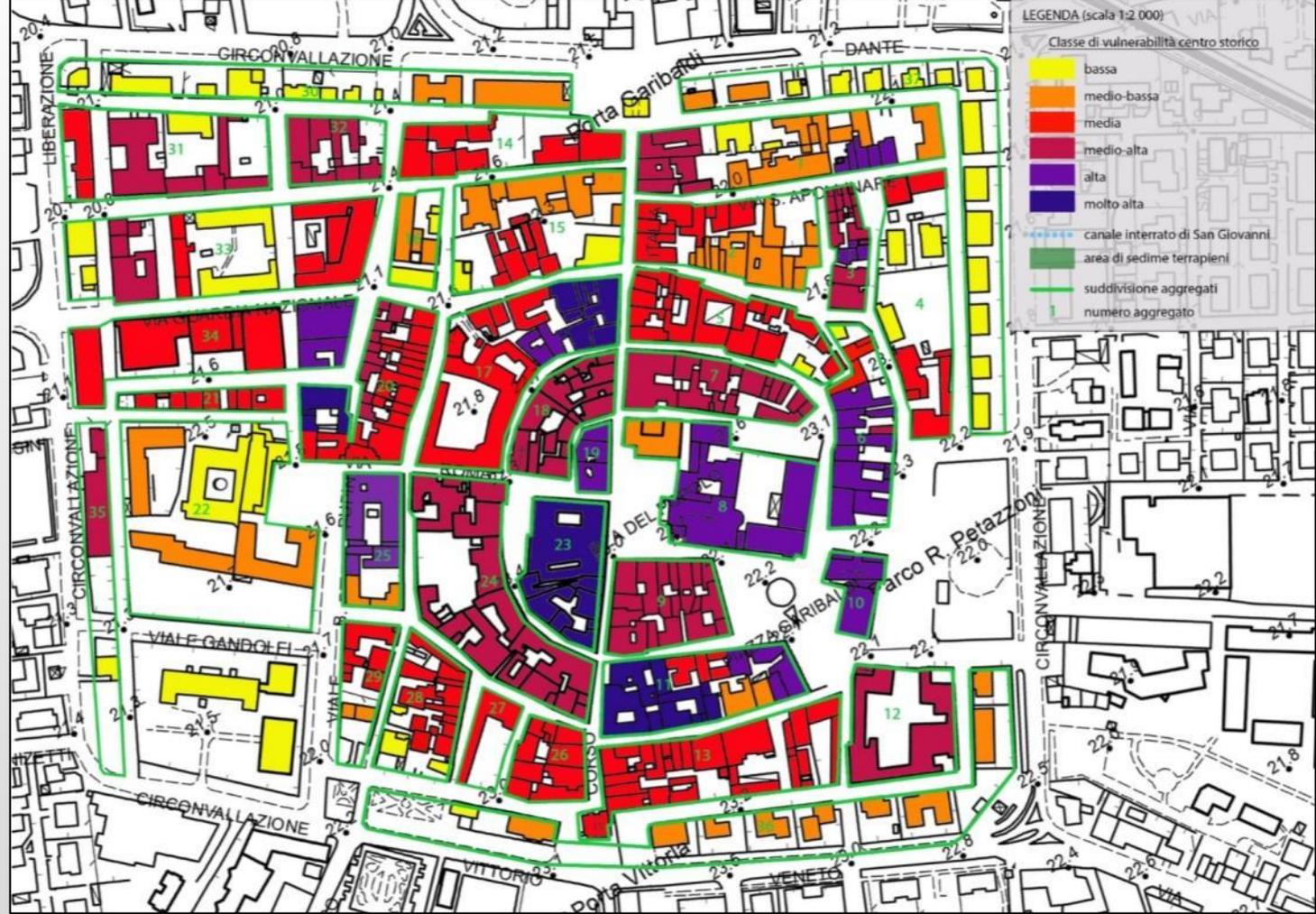
SUB-AGGREGATI



INDICATORI DI POSSIBILI INTERAZIONI NEGATIVE TRA U.E. O DI DANNI DA POSIZIONE O DI DANNI DA PREESISTENZE NEL SOTTOSUOLO SUB-AGGR. A (U.E. 1, 15-20)							N. INTERAZIONI	COEFFICIENTE DI ATTENDIBILITA'	PUNTEGGIO PER ESTENSIONE EFFETTI	PUNTI TOTALI (A*B)*C	
							A	B	C	D	
N. PIANI DIVERSO TRA EDIFICI ADIACENTI							3	1,00	1	3	
ADIACENZA EDIFICI IN C.A. E IN MURATURA							0	0,80	1	0	
QUOTE DEGLI ORIZZONTAMENTI SFALSATE							12	1,00	0,8	9,60	
DISALLINEAMENTI IN PIANTA							2	1,00	0,8	1,6	
SPINTE DI VOLTE/ARCHI NON CONTRASTATE							0	0,80	0,8	0	
EDIFICI SU FONDAZIONI DI MURA URBANE, TERRAPIENI, CAVITA', CORSI D'ACQUA TOMBATE							3	0,50	0,8	1,2	
EDIFICI DI TESTATA/ANGOLO							3	1,00	0,8	2,4	
PARTI DI EDIFICI NON ADERENTI SU ALCUN LATO AD ALTRE US							0	1	0,8	0	
SOMMA PUNTI TOTALI NELL'AGGREGATO (A*B)*C							23			17,80	
N. TOTALE EDIFICI NEL SUB-AGGREGATO A							7				
TOTALE POSSIBILI INTERAZIONI O DANNI DA POSIZIONE NEL SUB-AGGREGATO							23	TOTALE PUNTEGGIO (A*B)*C/TOTALE EDIFICI		2,54	
CLASSE DI VULNERABILITA' AGGIUNTIVA ATTRIBUITA ALL'AGGREGATO:				MOLTE INTERAZIONI/DANNI			MEDIA				
VALORI DI RIFERIMENTO	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	MOLTO ALTA	GIUNTI TECNICI				
	0	<=2	2 + < 3	3 + < 3,75	3,75 + < 5	>=5	GIUNTI REALI		1		

INDICATORI DI POSSIBILI INTERAZIONI NEGATIVE TRA U.E. O DI DANNI DA POSIZIONE O DI DANNI DA PREESISTENZE NEL SOTTOSUOLO SUB-AGGR. B (U.E. 2-14)							N. INTERAZIONI	COEFFICIENTE DI ATTENDIBILITA'	PUNTEGGIO PER ESTENSIONE EFFETTI	PUNTI TOTALI (A*B)*C	
							A	B	C	D	
N. PIANI DIVERSO TRA EDIFICI ADIACENTI							1	1,00	1	1	
ADIACENZA EDIFICI IN C.A. E IN MURATURA							3	0,80	1	2,4	
QUOTE DEGLI ORIZZONTAMENTI SFALSATE							4	1,00	0,8	3,20	
DISALLINEAMENTI IN PIANTA							8	1,00	0,8	6,4	
SPINTE DI VOLTE/ARCHI NON CONTRASTATE							0	0,80	0,8	0	
EDIFICI SU FONDAZIONI DI MURA URBANE, TERRAPIENI, CAVITA', CORSI D'ACQUA TOMBATE							0	0,50	0,8	0	
EDIFICI DI TESTATA/ANGOLO							5	1,00	0,8	4	
PARTI DI EDIFICI NON ADERENTI SU ALCUN LATO AD ALTRE US							2	1	0,8	1,6	
SOMMA PUNTI TOTALI NELL'AGGREGATO (A*B)*C							5			18,60	
N. TOTALE EDIFICI NEL SUB-AGGREGATO B							13				
TOTALE POSSIBILI INTERAZIONI O DANNI DA POSIZIONE NEL SUB-AGGREGATO							21	TOTALE PUNTEGGIO (A*B)*C/TOTALE EDIFICI		1,43	
CLASSE DI VULNERABILITA' AGGIUNTIVA ATTRIBUITA ALL'AGGREGATO:				POCHE INTERAZIONI/DANNI			MEDIO-BASSA				
VALORI DI RIFERIMENTO	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	MOLTO ALTA	GIUNTI TECNICI				
	0	<=2	2 + < 3	3 + < 3,75	3,75 + < 5	>=5	GIUNTI REALI		1		

ISOLATO 2											
SUB AGGREGATO	N. UNITA' EDILIZIA	TIPO EDILIZIO	TIP. MORFO-STRUTTURALI	ABITAZIONI	TERZIARIO	NEGOZI	NEGOZI VUOTI	ESERCIZI	EDIFICIO AFFOLLATO	PRESENZE MAX	
A	1	PALAZZO SOPRAELEVATO	4P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-PORTICO CON SOLAIO PIANO-IRREGOLARE	6	3	3				17	
A	15	SCHIERA SOPRAELEVATA	4P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	6	1	1				12	
A	16	SCHIERA	3P-MURATURA-ORIZZ. LIGNEI-SOTTOTETTO RESO ABITABILE-REGOLARE	2						6	
A	17	SCHIERA SOPRAELEVATA	3P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	2						3	
A	18	CASA RURALE	2P-MURATURA-SOLAIO LATERO-CEMENTO-PROSPETTO MODIFICATO-REGOLARE	2						6	
A	19	SCHIERA	2/3P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI E TRAVI IN C.A.-PORTICO CON SOLAIO PIANO-IRREGOLARE	6	1	1				8	
A	20	SCHIERA DI TAMPONAMENTO	4P-MURATURA MISTA A C.A.-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI CON SOLETTA IN C.A.-IRREGOLARE	4		1				7	
B	2	SCHIERA	3P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-REGOLARE	1						3	
B	3	SCHIERA	3P-MURATURA-SOLAIO LATERO-CEMENTO-IRREGOLARE	1						3	
B	4	SCHIERA	3P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI E LATERO-CEMENTO AL PI-IRREGOLARE	1						2	
B	5	SCHIERA	3P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	1			1			5	
B	6	SCHIERA	3P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	3							
B	7	SCHIERA	3P-C.A.-IRREGOLARE	6	1					14	
B	8	SCHIERA RIFUSA	3P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	8						15	
B	9	PALAZZO	3P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-BALCONE-REGOLARE	2						6	
B	10	SCHIERA	4P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-REGOLARE	2						6	
B	11	SCHIERA RIFUSA	4P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-ALTANA-IRREGOLARE	2						5	
B	12	SCHIERA	3/4P-MURATURA-ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	7	1					18	
B	13	PALAZZO	3P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-REGOLARE	1						2	
B	14	PALAZZO	3P-MURATURA-SOTTOTETTO E ORIZZONT. LIGNEI-IRREGOLARE	3						6	
TOT.				66	7	6	1	0	0	144	



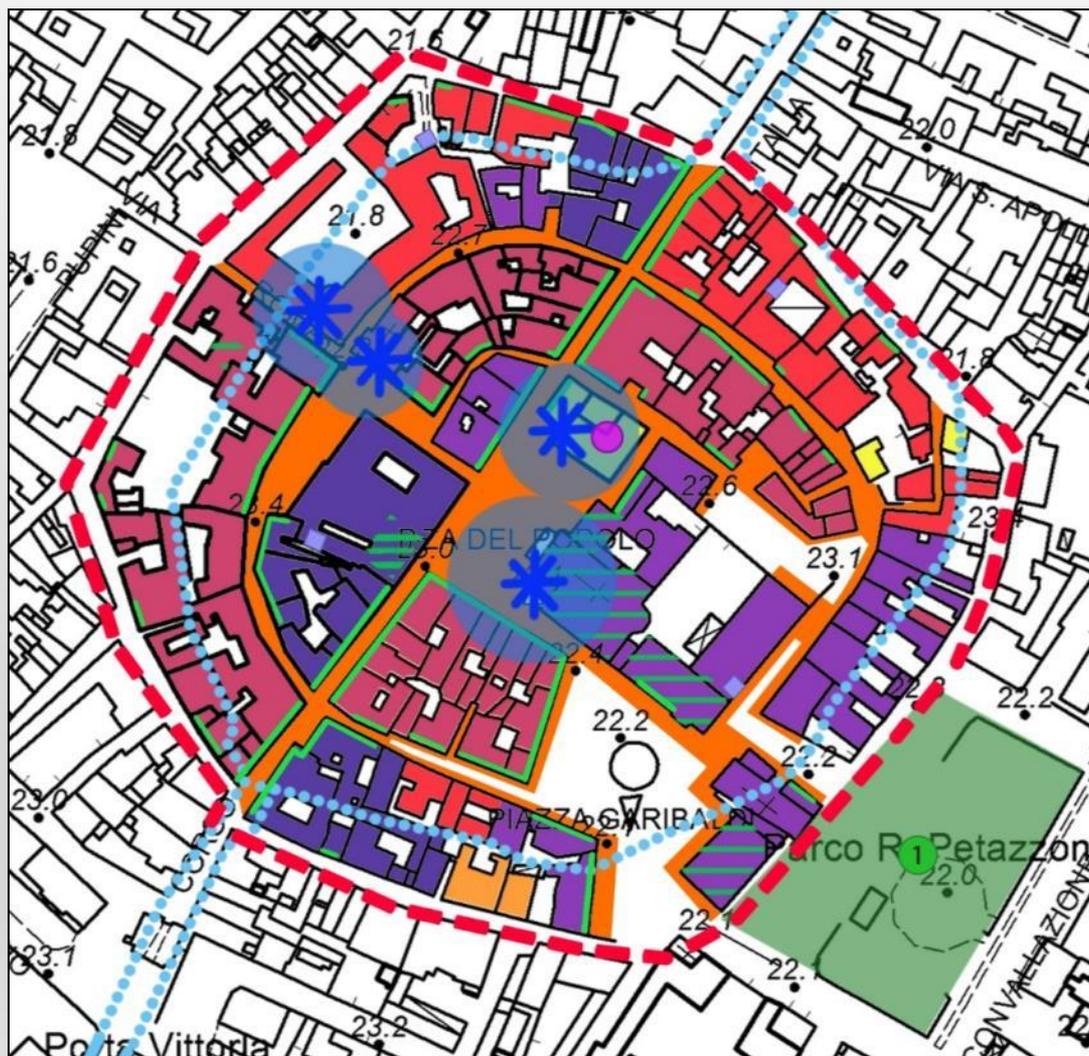
RISULTATI AGGREGATI: PERIMETRAZIONE ZONA ROSSA

Fattori di criticità:

- Elevata vulnerabilità aggiuntiva degli aggregati
- Presenza di torri e campanili
- Canale interrato
- Sezioni stradali ridotte



Interferenza con sistema dell'accessibilità e vie di fuga



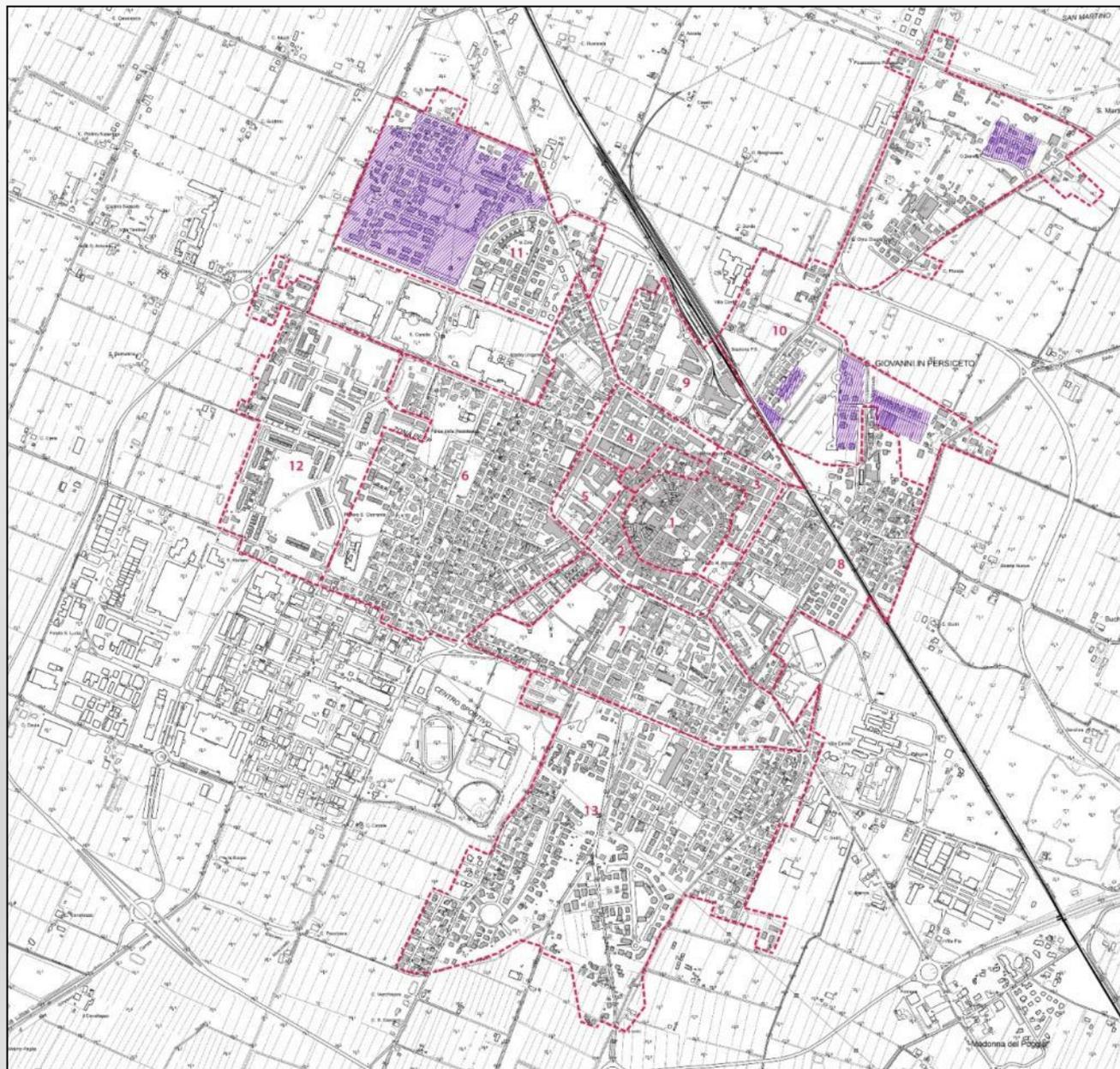
VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

13 UNITÀ TERRITORIALI:

- zone omogenee per morfologia urbana
- tipologie edilizie ed insediative simili

RIFERIMENTI:

- sezioni censimento ISTAT 2001
- ambiti territoriali del PSC 2006



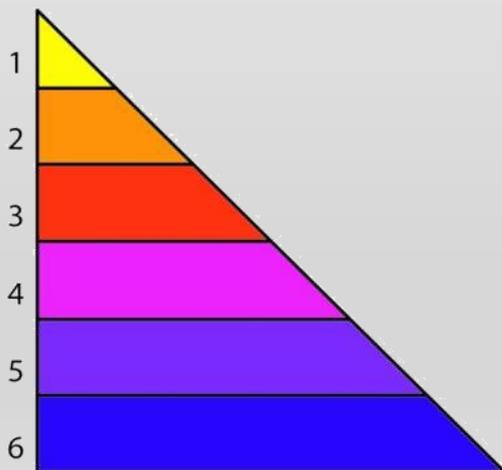
VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

Parametri di valutazione:

- PERICOLOSITÀ LOCALE;
- ESPOSIZIONE FISICA;
- ESPOSIZIONE FUNZIONALE;
- STANDARD DI FUNZIONAMENTO;
- VULNERABILITÀ DIRETTA;
- VULNERABILITÀ INDOTTA.

Sistemi presenti nelle unità territoriali:

- SISTEMA DELLE PRESENZE PER INDICE D'USO;
- SISTEMA ABITATIVO;
- SISTEMA DELLE INDUSTRIE MANIFATTURIERE;
- SISTEMA TURISTICO;
- SISTEMA TERZIARIO;
- SISTEMA DEI SERVIZI PUBBLICI;
- SISTEMA DEI BENI CULTURALI;
- SISTEMA DEI MANUFATTI DI INTERESSE STRATEGICO;
- SISTEMA DELL'ACCESSIBILITÀ;
- SISTEMA DELLE VIE DI FUGA/SOCCORSO.



VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

UNITÀ TERRITORIALE 1



Figura2. Palazzo della Polizia di Stato e chiesa di San Giovanni Battista



Figura3. Chiesa della Cintura e biblioteca comunale



Figura4. Abitazioni con portico commerciale su Piazza del Popolo



Figura5. Palazzo G. Fanin, sede del cineteatro e del Centro Fanin



Figura6. Abitazioni in Via G. C. Croce



Figura7. Edifici con portico su Corso Italia, il corso principale



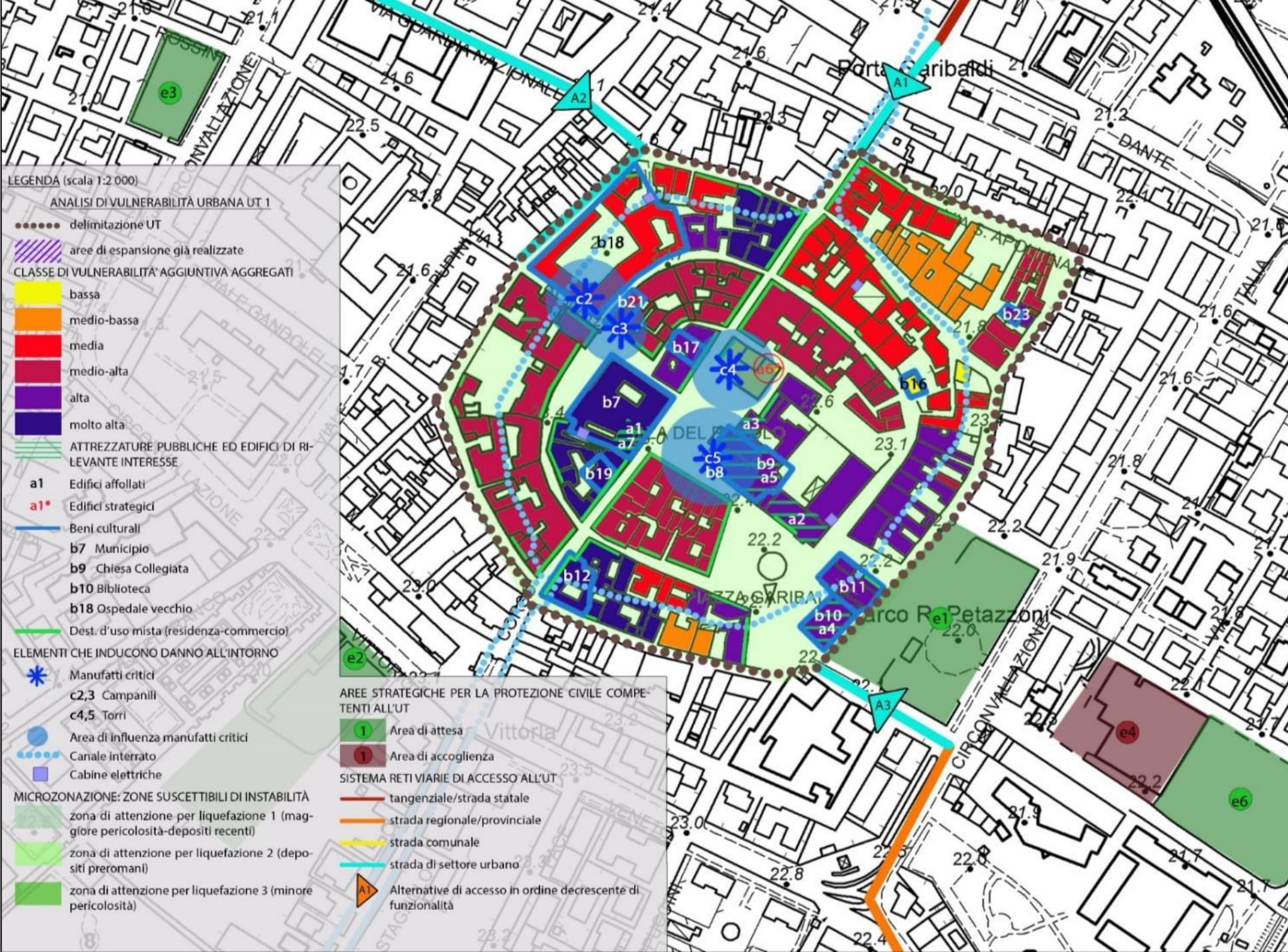
Figura8. Retro del teatro comunale e abitazioni in Piazza Cavour



Figura9. Abitazioni in Piazza Betlemme



Figura10. Abitazioni ed ex ospedale, con piano terra commerciale



LEGENDA (scala 1:2 000)

ANALISI DI VULNERABILITÀ URBANA UT 1

●●●●● delimitazione UT

▨▨▨▨▨ aree di espansione già realizzate

CLASSE DI VULNERABILITÀ AGGIUNTIVA AGGREGATI

- bassa
- medio-bassa
- media
- medio-alta
- alta
- molto alta

ATTREZZATURE PUBBLICHE ED EDIFICI DI RILEVANTE INTERESSE

- a1** Edifici affollati
- a1*** Edifici strategici
- Beni culturali
- b7** Municipio
- b9** Chiesa Collegiata
- b10** Biblioteca
- b18** Ospedale vecchio
- Dest. d'uso mista (residenza-commercio)

ELEMENTI CHE INDUCONO DANNO ALL'INTORNO

- ★ Manufatti critici
- c2,3 Campanilli
- c4,5 Torri
- Area di influenza manufatti critici
- Canale interrato
- Cabine elettriche

MICROZONAZIONE: ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

- zona di attenzione per liquefazione 1 (maggiore pericolosità-depositi recenti)
- zona di attenzione per liquefazione 2 (depositi preromani)
- zona di attenzione per liquefazione 3 (minore pericolosità)

AREE STRATEGICHE PER LA PROTEZIONE CIVILE COMPETENTI ALL'UT

- Area di attesa
- Area di accoglienza

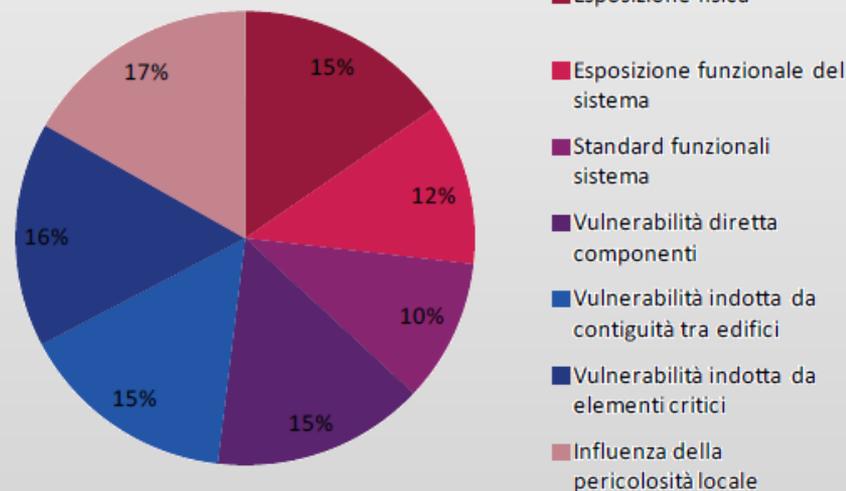
SISTEMA RETI VIARIE DI ACCESSO ALL'UT

- tangenziale/strada statale
- strada regionale/provinciale
- strada comunale
- strada di settore urbano
- ▲ Alternative di accesso in ordine decrescente di funzionalità

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

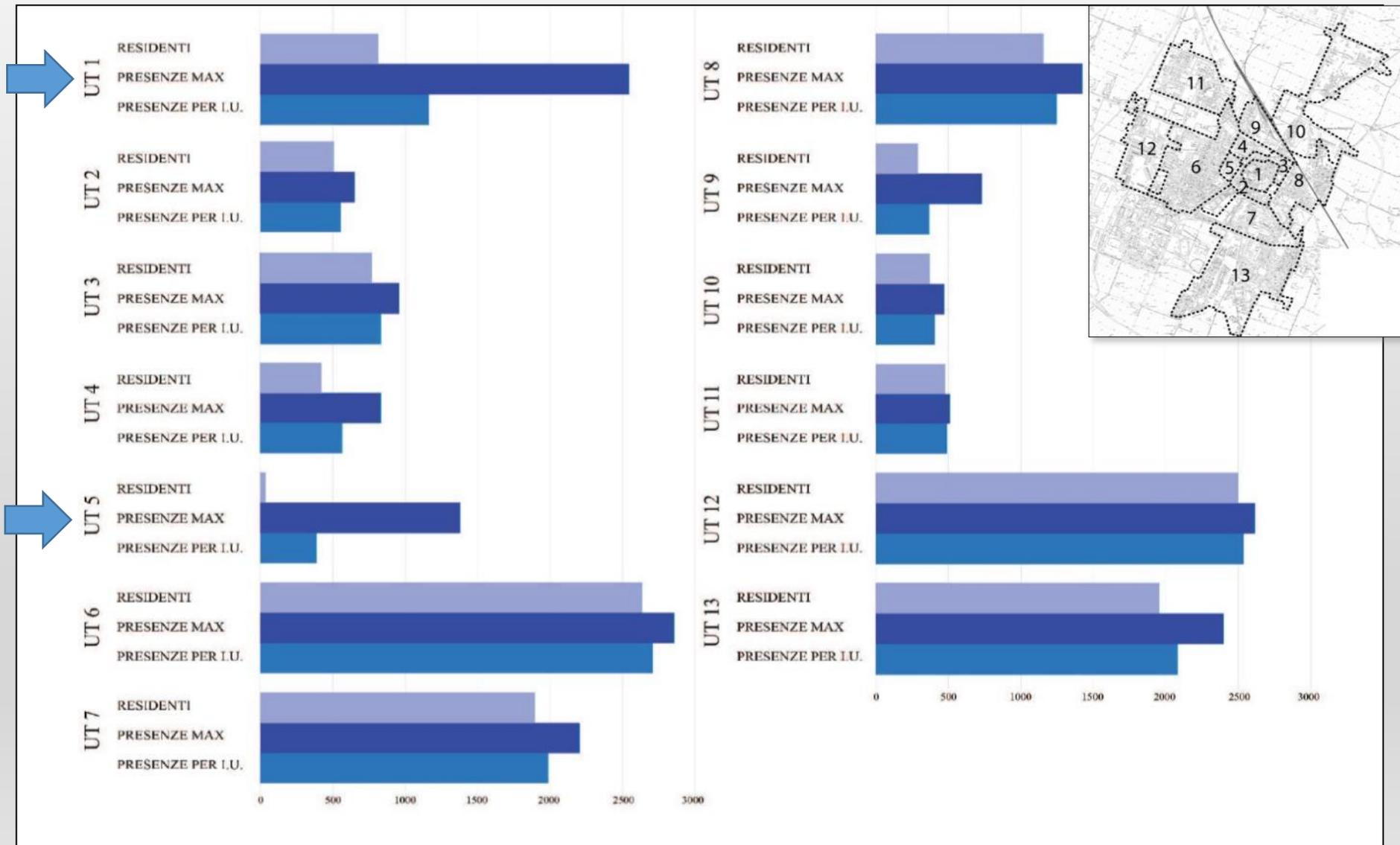
QUADRO FINALE UNITÀ TERRITORIALE 1

LIVELLI DEI FATTORI DI ESPOSIZIONE E VULNERABILITA' DEI SOTTOSISTEMI URBANI PRESENTI NELL'UNITA' TERRITORIALE (valutati, a partire dai dati raccolti nella scheda)									
Sistemi considerati	Esposizione fisica	Esposizione funzionale del sistema	Standard funzionali sistema	Vulnerabilità diretta componenti	Vulnerabilità indotta da contiguità tra edifici	Vulnerabilità indotta da elementi critici	Influenza della pericolosità locale	Somma dei livelli dei fattori del sistema	Media dei livelli dei fattori
Presenze x indice d'uso degli immobili	4	3						7	3,50
Sistema abitativo	5	2	1	6	5	6	4	29	4,14
Sistema turistico	2	4	1	5	5	6	5	27	3,86
Sistema manifatturiero	4	2	5	6	5	4	5	31	4,43
Sistema terziario	6	4	5	6	5	5	4	35	5,00
Attrezzature pubbliche ed edifici di rilevante interesse	5	5	1	5	6	3	6	31	4,43
Beni culturali	6	4	3	4	6	6	6	35	5,00
Sistema delle vie di fuga/soccorso	6	4	5	4	5	5	6	35	5,00
Sistema accesso all'unità territoriale	3	3	6	3	1	5	6	27	3,86
Sistema accesso agli edifici di rilevante interesse	3	5	3	4	6	6	6	33	4,71
Totale	44	36	29	43	44	46	48	290	
% della somma di colonne su A	15,17	12,41	10,00	14,83	15,17	15,86	16,55	100,00	
Somma colonna / N. sistemi presenti	4,40	3,60	3,22	4,78	4,89	5,11	5,33		4,46



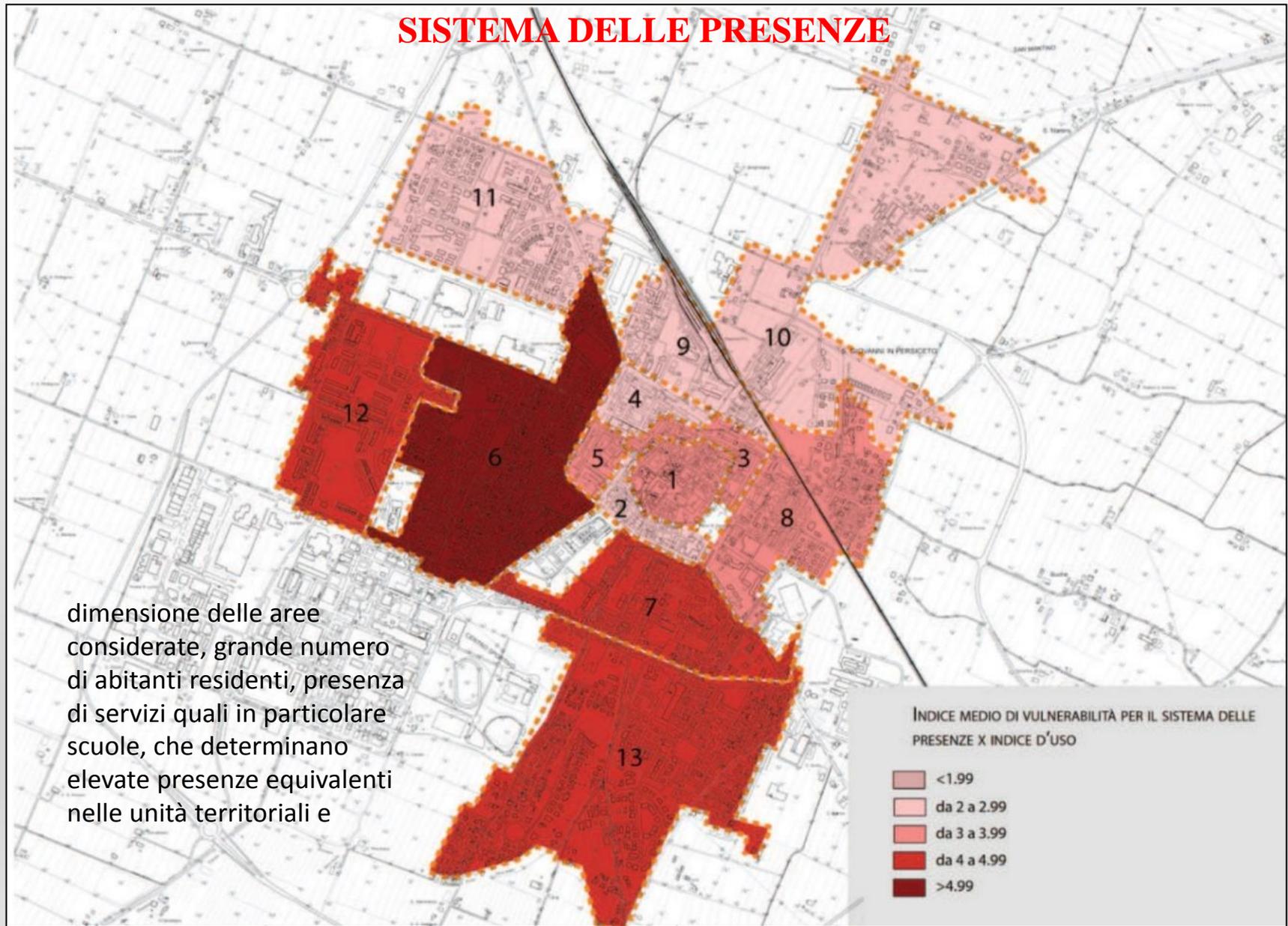
SISTEMA DELLE PRESENZE: RESIDENTI – PRESENZE MAX – PRESENZE PER I.U.

l'individuazione delle aree più critiche in termini di numero di persone potenzialmente da raggiungere e soccorrere in caso di emergenza



VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

SISTEMA DELLE PRESENZE



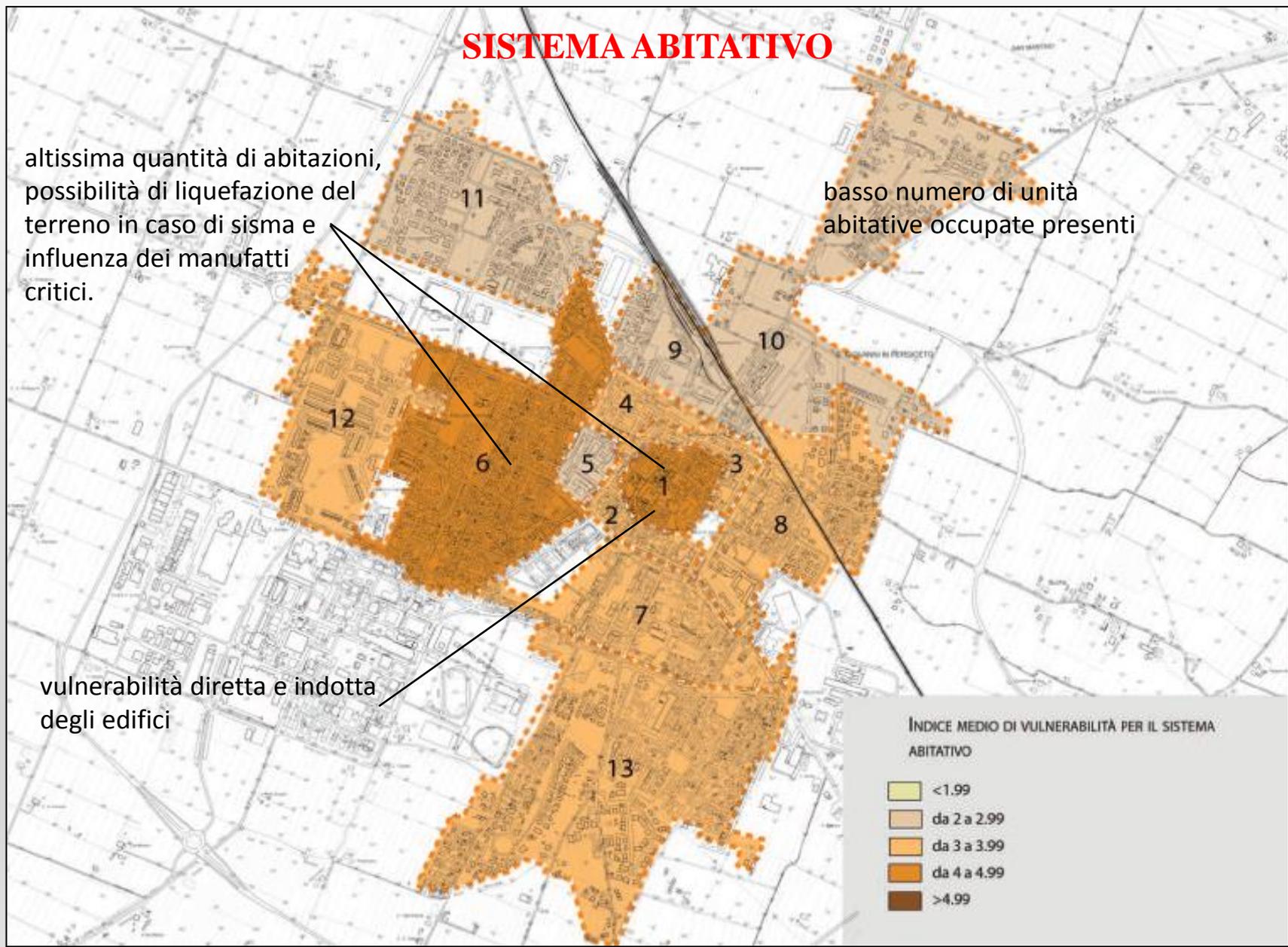
VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

SISTEMA ABITATIVO

altissima quantità di abitazioni, possibilità di liquefazione del terreno in caso di sisma e influenza dei manufatti critici.

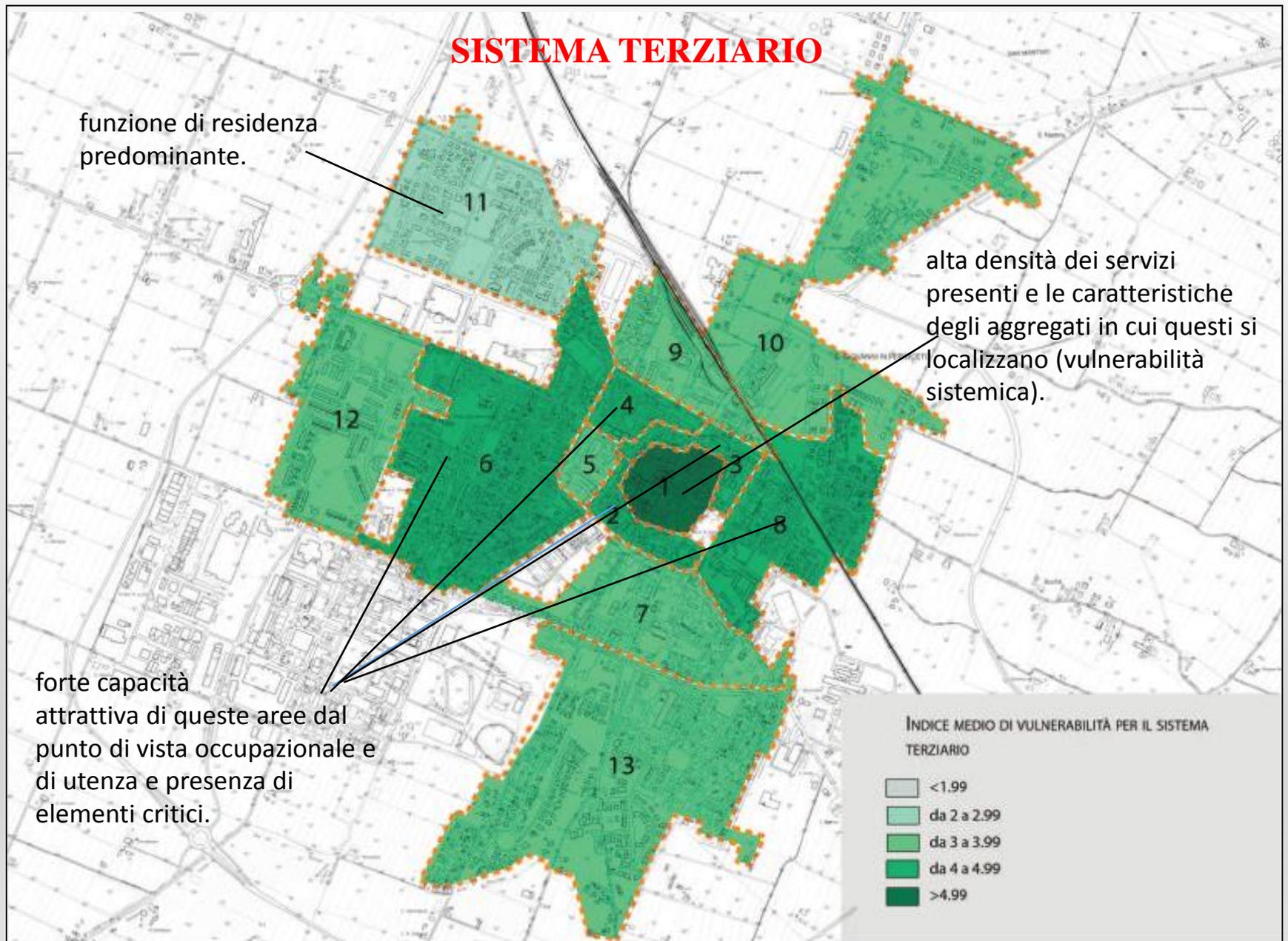
basso numero di unità abitative occupate presenti

vulnerabilità diretta e indotta degli edifici



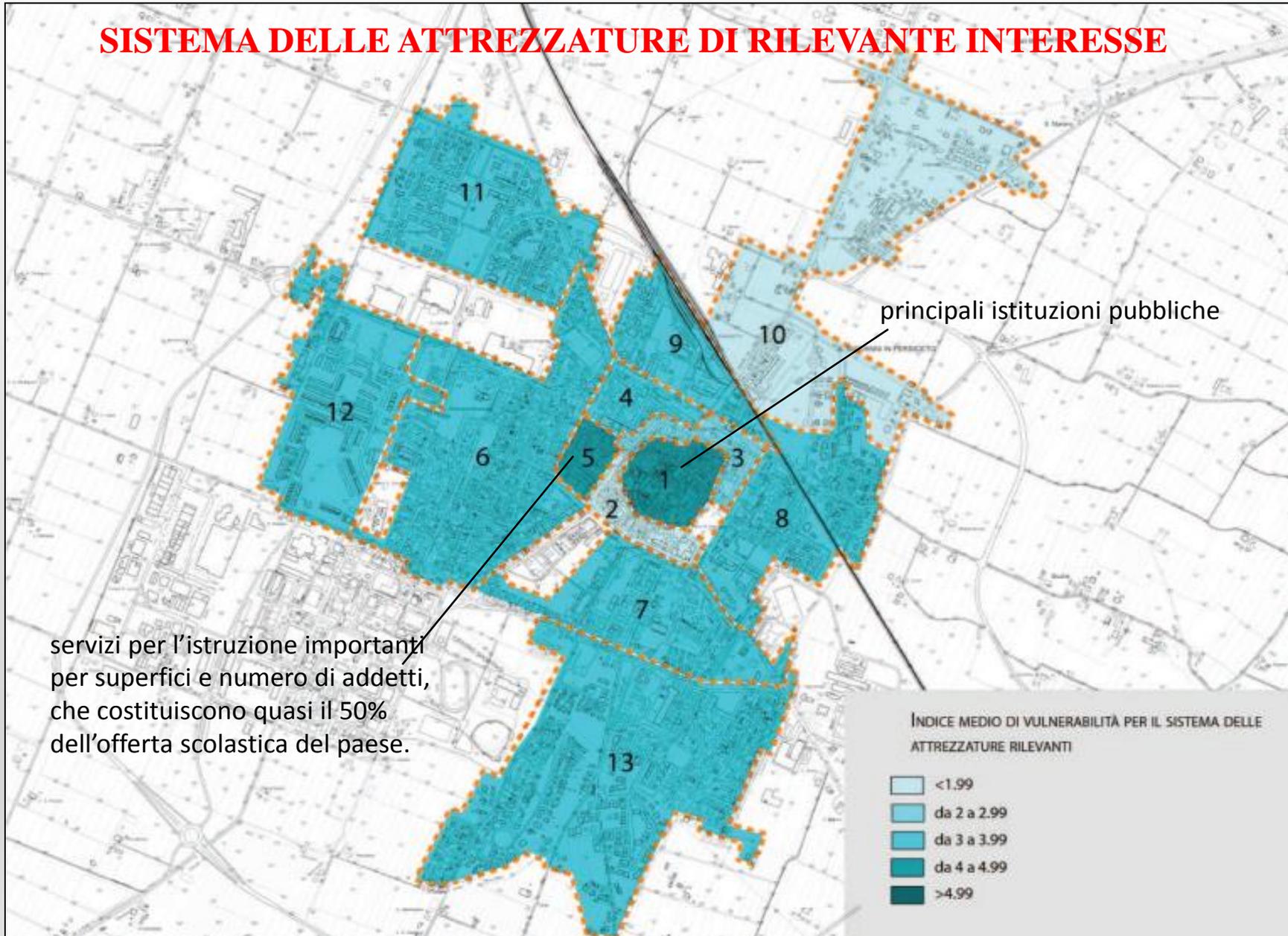
INDICE MEDIO DI VULNERABILITÀ PER IL SISTEMA ABITATIVO	
	<1.99
	da 2 a 2.99
	da 3 a 3.99
	da 4 a 4.99
	>4.99

VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI



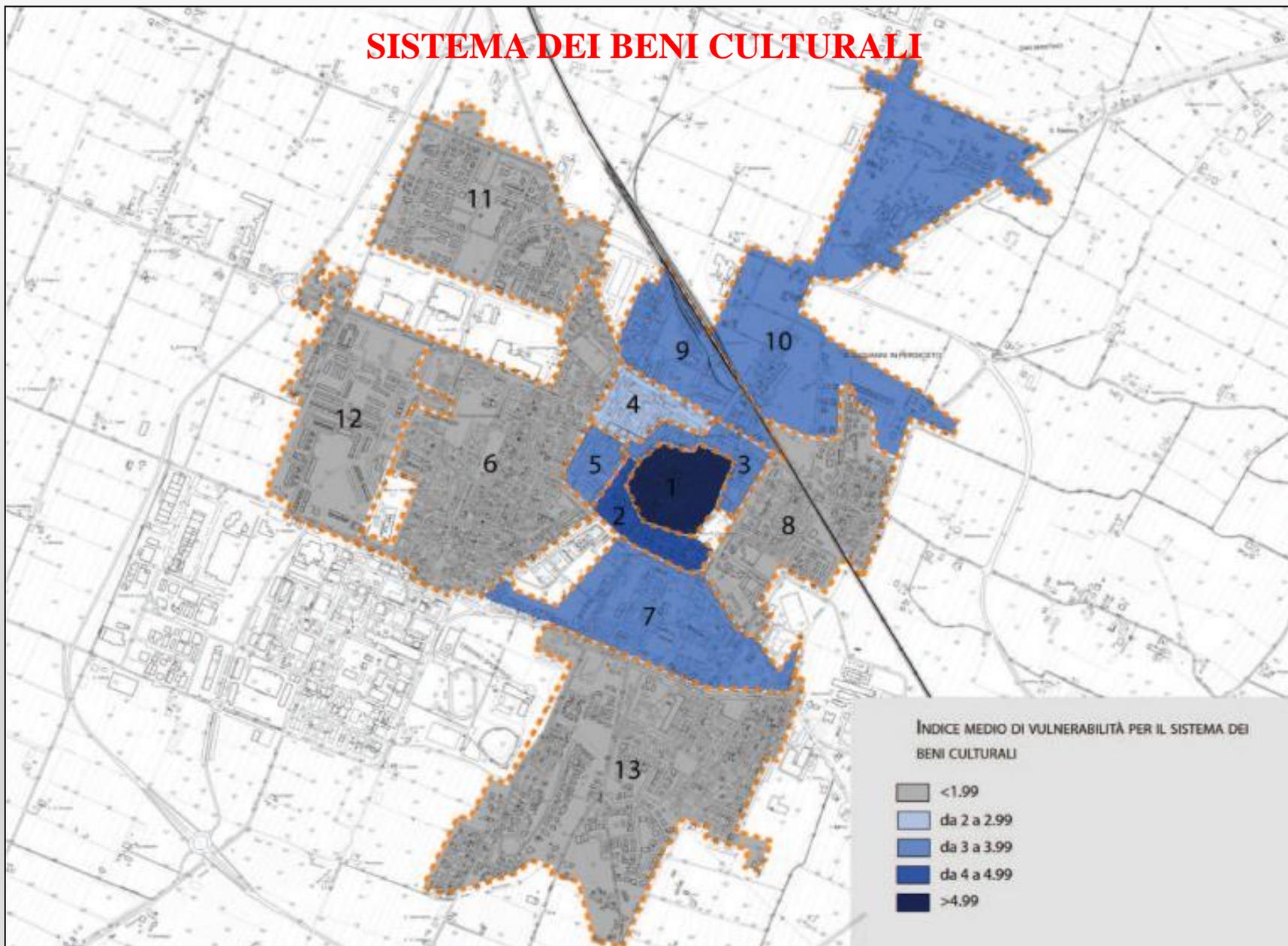
VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

SISTEMA DELLE ATTREZZATURE DI RILEVANTE INTERESSE

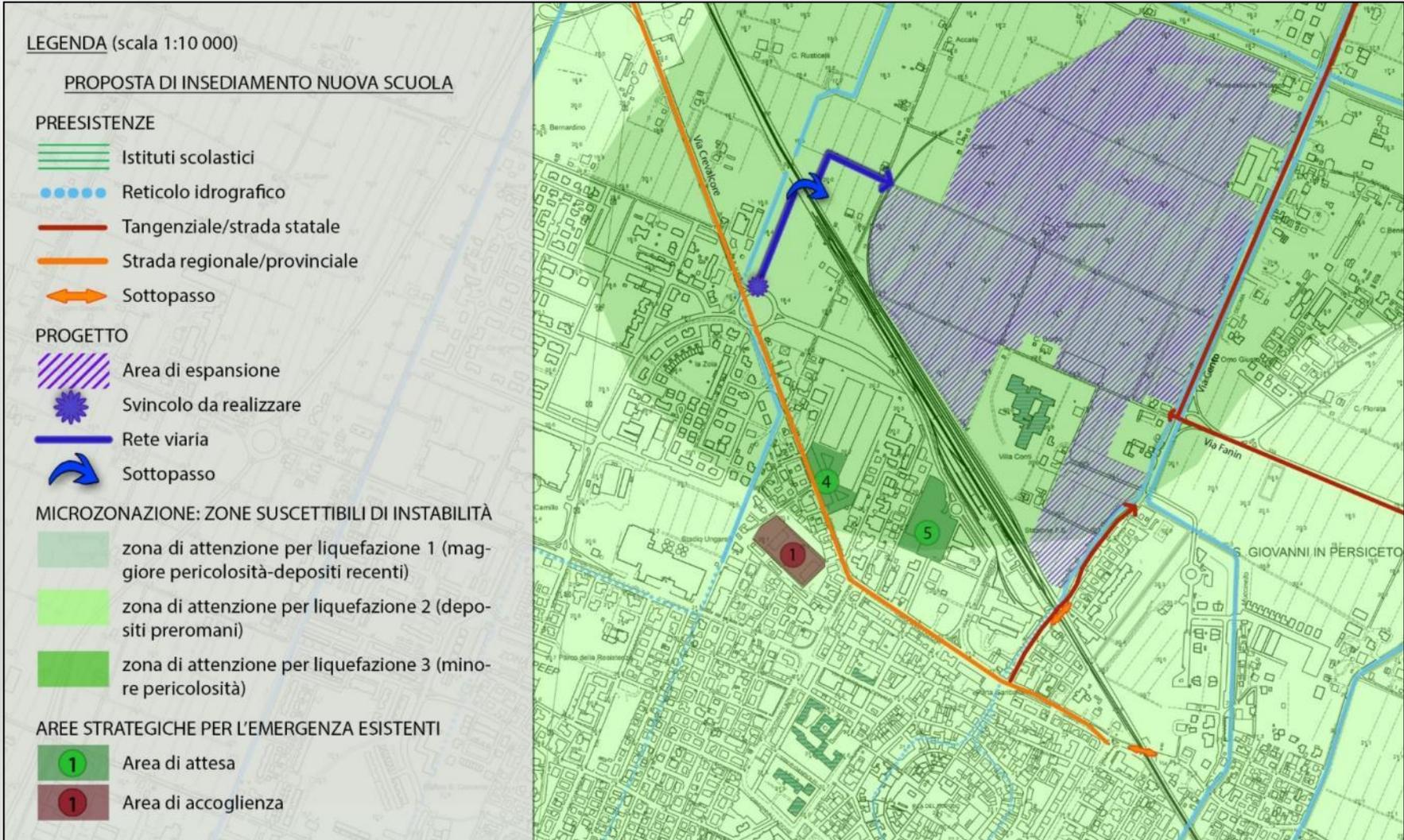


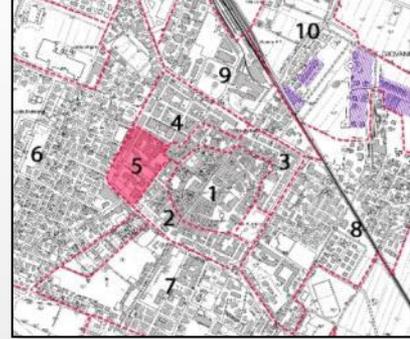
VALUTAZIONE DI VULNERABILITÀ SISMICA DEI SISTEMI URBANI

SISTEMA DEI BENI CULTURALI



PROPOSTE PROGETTUALI: SCALA URBANA





PROPOSTE PROGETTUALI: SCALA URBANA

Viabilità stato di fatto



SCALA AGGREGATO E SCALA EDILIZIA: IL COMMERCIO

Localizzazione	Tipologia	Valore mercato (€/mq)		Superficie (L/N)	Valori locazione (€/mq x mese)		Superficie (L/N)
		Min	Max		Min	Max	
Centro storico	Negozi	2'100	2'700	L	13	18	L
Esterno circonvall.	Negozi	1'600	2'000	L	6	9	L

Escludendo il decentramento, bisogna intervenire con:

- Consolidamento portici
- Consolidamento strutture di copertura canale
- Miglioramento del comportamento degli aggregati con vulnerabilità aggiuntiva alta



Mantenere l' attrazione del centro rispetto al contesto

CONCLUSIONI

Contenimento della vulnerabilità istantanea



Riduzione delle possibili vittime e dell' intensità del cambiamento di stato del sistema



Riduzione del tempo di ripresa delle condizioni antecedenti il sisma

Possibili sviluppi:

- Studio delle aree a vocazione esclusivamente produttiva e del sistema delle reti
- Trasformazione dell' indagine da tipologica a semi-quantitativa per gli ambiti più critici
- Approfondimento degli studi di microzonazione sismica



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Simona Tondelli

Dipartimento di Architettura, CIRI-EC

simona.tondelli@unibo.it

www.unibo.it