

L'espansione urbana in prossimità di faglie capaci: analisi a scala nazionale e su aree campione

L. Guerrieri, A.M. Blumetti, E. Brustia, A.M. Caputo, S. Poddighe & Vittori E.
APAT – Dipartimento Difesa del Suolo

ABSTRACT

Il territorio italiano è interessato da un gran numero di faglie “capaci”, ovvero faglie in grado di dislocare in maniera significativa la superficie topografica. In passato, la scarsa conoscenza della loro distribuzione sul territorio unitamente all'assenza di misure urbanistiche specifiche, hanno consentito lo sviluppo dell'urbanizzazione anche nelle zone attraversate da faglie capaci. I recenti progressi nel campo della sismotettonica e paleosismologia nonché la disponibilità di informazioni relative all'espansione delle aree urbane rendono oggi possibile valutare dove il fenomeno dell'espansione urbana in prossimità di faglie capaci sia stato più intenso.

In questo contributo viene introdotto un indicatore finalizzato a caratterizzare questo fenomeno a scala nazionale, su singole aree urbane e su aree campione, consentendo di valutare il ruolo avuto dall'espansione urbana più recente in questo processo. I risultati evidenziano l'opportunità di introdurre nella pianificazione urbanistica misure specifiche per le aree attraversate da faglie capaci.

1. Introduzione

Con il termine “faglia capace” si intende “una faglia attiva ritenuta in grado di produrre fagliazione in superficie (cioè di muoversi durante forti terremoti) in un prossimo futuro” (IAEA, 1991). La riattivazione di una faglia capace determina pertanto una dislocazione/deformazione della superficie terrestre e di tutto ciò che è stato costruito sopra di essa.

Negli anni passati la pericolosità legata alla fagliazione in superficie veniva considerata solamente nell'ambito di studi di *siting* per le centrali nucleari e, eventualmente, per impianti ad alto rischio ed opere di importanza strategica. Le procedure per affrontare questo problema in maniera rigorosa sono state standardizzate da apposite linee guida (IAEA, 2003).

E' evidente che la presenza di faglie capaci rappresenta un problema per qualsiasi tipo di urbanizzato (edifici, infrastrutture, etc.) e la soluzione migliore per proteggersi da questa eventualità sarebbe quella di pianificare l'espansione urbanistica ad una distanza di rispetto dalle faglie. Tuttavia, la scarsa conoscenza della distribuzione delle faglie capaci unitamente alla mancanza di misure limitative hanno determinato, anche in Italia, la situazione odierna caratterizzata da uno sviluppo significativo dell'urbanizzazione in corrispondenza di faglie capaci.

In questi ultimi anni in Italia gli studi di sismotettonica e paleosismicità (GALADINI *et al.*, 2000 e relativa bibliografia) hanno apportato un notevole contributo alla conoscenza della distribuzione delle faglie capaci (es. ITHACA). Anche le informazioni relative alla copertura urbana sono ormai fornite ad intervalli regolari (es. CORINE Land Cover) nonché sempre più accurate e complete. L'incrocio di queste banche dati consente oggi di comprendere dove il fenomeno dell'espansione dell'urbanizzato in aree prossime alle faglie capaci sia stato più intenso, nonché di definire quali tipologie di urbanizzato siano state maggiormente coinvolte in tale processo.

In questo lavoro si introduce un indicatore finalizzato a caratterizzare questo fenomeno a diverse scale di dettaglio (nazionale, regionale, singole aree urbane e aree campione). I risultati di queste elaborazioni sono stati quindi discussi criticamente e interpretati con l'obiettivo di trarre indicazioni per una pianificazione maggiormente compatibile con la problematica esaminata.

2. Quadro normativo

In Italia la normativa considera la presenza delle faglie capaci solamente nella progettazione di particolari tipi di opere quali quelle di importanza strategica e/o ad alto rischio. Solo in questo caso la normativa prevede l'applicazione di indagini geologiche specifiche finalizzate all'individuazione di strutture tettoniche in grado di produrre dislocazioni significative in superficie. Qualora tali indagini individuino la presenza di una faglia capace, gli effetti di tali dislocazioni sull'opera devono essere attentamente valutati e, conseguentemente, considerate soluzioni progettuali alternative fino anche alla delocalizzazione dell'opera stessa.

Non esiste invece alcuno strumento normativo finalizzato a regolamentare la pianificazione territoriale in prossimità delle faglie capaci, ovvero a introdurre vincoli di edificabilità.

Altri paesi hanno invece introdotto specifiche norme a riguardo. E' il caso dell' "Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act", introdotto dallo Stato della California (USA) nel 1972 a seguito del terremoto di San Fernando del 1971 e finalizzata a regolamentare la pianificazione territoriale all'interno di una fascia di rispetto dalle faglie capaci ("una faglia che ha avuto una rottura superficiale negli ultimi 11.000 anni"), la cui larghezza standard è fissata pari ad un quarto di miglio (circa 400 m).

Prima di autorizzare un progetto, le Amministrazioni Locali devono richiedere una indagine geologica *ad hoc* al fine di dimostrare che le costruzioni proposte non vengano costruite entro le fasce di rispetto. Se viene rilevata la presenza di una faglia capace, è vietato edificare al di sopra della faglia e l'edificio deve sorgere ad una distanza generalmente di 50 piedi da essa.

3. Metodologia

3.1. Banche dati

Come detto in introduzione, la banca dati ITHACA (*Italian Hazard from Capable faults*) fornisce informazioni relative alle faglie capaci presenti sull'intero territorio italiano. Una prima versione è stata pubblicata dall'ANPA (ora APAT) nel 2000 (MICHETTI *et al.*, 2000), sulla base delle conoscenze sismotettoniche e paleosismologiche note in letteratura. Questa banca dati è in costante aggiornamento (VITTORI, 2004; DI MANNA *et al.*, 2006) ed è disponibile per consultazione al sito <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA/>. In questo lavoro è stata considerata la versione aggiornata a giugno 2006.

Relativamente all'uso del suolo, o meglio alla sua copertura, le uniche banche dati omogenee a livello nazionale sono quelle del CORINE Land Cover, relativamente al 1990 e al 2000 (disponibili al sito http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetclc2000/clc2000/progetto_corine.asp). Queste banche dati sono costruite sulla base dell'interpretazione di immagini da satellite, alla scala 1:100.000 (minima unità cartografabile 25 ha). Sempre relativamente alla copertura urbana sono state utilizzate banche dati regionali alla scala 1:25.000. Infine, su specifiche aree campione sono state realizzate apposite coperture urbane sempre alla scala 1:25.000 in base a interpretazione di foto aeree.

3.2. L'indicatore CFUI

Con l'obiettivo di individuare dove il fenomeno dell'urbanizzazione in corrispondenza di faglie capaci è più intenso, è stato elaborato un apposito indicatore denominato CFUI (Capable Fault in Urban areas Index).

Relativamente ad un istante T per una determinata area, l'indicatore CFUI si definisce come il rapporto

$$CFUI_{X,T} = \frac{\text{Superficie urbanizzata all'istante T ad una distanza inferiore a X m dalla faglia}}{\text{Totale superficie urbanizzata all'istante T}}$$

In linea generale, l'indice CFUI fornisce, per una determinata area e in un certo momento (p.es. l'anno cui si riferisce la copertura urbana), una stima percentuale indicativa di quale aliquota dell'urbanizzato totale sia stata realizzata in prossimità (a meno di X m) della faglia capace.

Quando sono disponibili più banche dati di *land cover* alla stessa risoluzione relative a momenti diversi T1 e T2, è anche possibile riferire l'indicatore ad un periodo di tempo, considerando quale aliquota dell'espansione urbana occorsa tra T1 e T2 sia prossima alle faglie capaci.

$$CFUI_{X,T1-T2} = \frac{\text{Espansione urbana T1-T2 ad una distanza inferiore a X m dalla faglia}}{\text{Totale espansione urbana T1-T2}}$$

Tale indicatore può venir calcolato a diversi livelli di dettaglio ed è fortemente condizionato dalla presenza o meno di faglie capaci. Tuttavia, a parità di condizioni al contorno, può mettere in luce situazioni in cui lo sviluppo urbano sia più o meno prossimo alle faglie capaci. Tali differenze possono essere spiegate con diverse caratteristiche territoriali (p.es. conformazione del territorio, minori spazi disponibili) ma anche con una pianificazione dell'espansione urbana più o meno compatibile.

Quando sono disponibili informazioni relative alla tipologia di urbanizzato (p.es. tessuto urbano continuo/discontinuo, attività produttive, infrastrutture) è possibile evidenziare quale tipologia abbia maggiormente caratterizzato l'espansione in prossimità di faglie capaci.

Poiché l'accuratezza dei risultati dipende dalla risoluzione dei dati di partenza, sono state effettuate diverse elaborazioni dell'indicatore CFUI, a scale differenti considerando dati di *land cover* differenti.

3.3. Ampiezza della fascia di rispetto

Relativamente all'area italiana, le faglie capaci più diffuse sono di tipo diretto, quali ad esempio quelle che controllano i bacini intermontani attivi lungo la dorsale appenninica centro-meridionale. In questo caso, oltre alla faglia principale occorre considerare possibili deformazioni superficiali nell'*hanging wall*, in una fascia estesa alcune centinaia di metri ove tipicamente si generano faglie sintetiche secondarie più o meno parallele a quella principale. I rigetti attesi possono variare da alcuni centimetri fino ad oltre un metro.

Faglie capaci di tipo inverso sono comunque presenti nel territorio italiano, quali ad esempio quelle associate alla compressione attiva lungo i margini meridionali e settentrionali della pianura padana. La deformazione superficiale associata a questa tipologia di faglie è del tipo *fault-propagation folds*, che determinano sollevamenti locali lungo fasce di deformazioni di ampiezza più o meno variabili. Nel caso specifico dei margini dell'avanfossa padanica, i dati attualmente disponibili suggeriscono dislocazioni comunque molto contenute dell'ordine di qualche centimetro.

Faglie capaci trascorrenti sono presenti in determinati settori quali ad esempio la zona del Gargano. L'effetto in superficie consiste in dislocazioni orizzontali anche di diverse decine di centimetri. Locali componenti transpressive e transtensive possono dar luogo a strutture a fiore (*flower structures*) e a piccoli bacini di *pull-a-part*.

Infine, debbono essere considerate a parte le faglie capaci in ambiente vulcano-tettonico quali quelle presenti in Sicilia Orientale. Infatti, gli ipocentri dei terremoti associati al movimento di queste faglie sono assai poco profondi. Pertanto, l'entità delle deformazioni superficiali lungo queste faglie è significativa anche in corrispondenza di eventi sismici di magnitudo non elevata.

In base a queste considerazioni, l'ampiezza X della fascia di rispetto attorno alla faglia capace dovrebbe essere valutata, in funzione non solo della risoluzione dei dati considerati ma soprattutto delle caratteristiche della deformazione attesa in corrispondenza di ciascuna faglia.

In questo lavoro è stata considerata una fascia di rispetto standard ampia 200 m su entrambi i lati della faglia. Pur risultando evidenti i limiti di questa standardizzazione che in molti casi è poco

rispondente alla reale distribuzione della deformazione in superficie associata alla faglia capace, si ritiene che essa possa stimare in prima approssimazione l'entità del fenomeno dell'urbanizzazione in prossimità di faglie capaci e indicare dove tale fenomeno è stato più intenso, che è poi l'obiettivo di questo lavoro.

4. Elaborazioni a scala nazionale

4.1. Elaborazioni a scala regionale

Di seguito vengono presentati i risultati dell'analisi volta a stimare l'indicatore $CFUI_{200}$ attraverso l'incrocio della ITHACA (aggiornata a giugno 2006) con le coperture urbane ricavabili dalle banche dati CORINE 1990 e 2000.

In base ai dati CORINE risulta che in Italia l'espansione delle aree urbane totale nel periodo 1990-2000 ha consumato circa 856 kmq. Di queste, poco più di 23 kmq (pari a circa il 2,7 %) ricadono all'interno della fascia di rispetto di 200 m attorno alle faglie capaci. In Figura 1 è rappresentata la distribuzione qualitativa di tale espansione: si osserva che, in termini di estensione areale, poco più di metà dell'urbanizzato è legato all'espansione del tessuto urbano propriamente detto (55%), mentre un altro terzo si riferisce ad aree industriali, commerciali e reti di comunicazioni (33%). Il resto è dovuto ad attività estrattive, discariche e cantieri (10%) e in minima parte (2%) ad aree verdi artificiali non agricole.

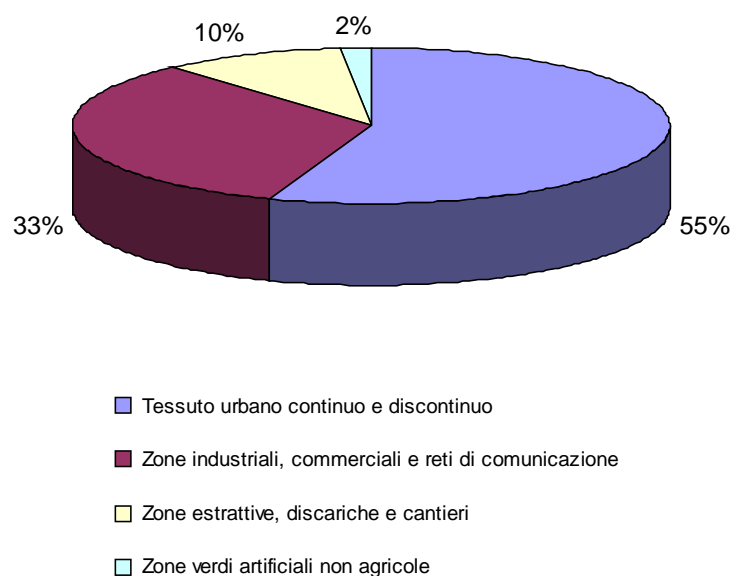


Figura 1 – Distribuzione qualitativa dell'espansione urbana tra il 1990 e il 2000 a scala nazionale

In Tabella 1 e Figura 2 sono sintetizzati i risultati dell'analisi a scala regionale, con elaborazione dell'indicatore $CFUI_{200}$ relativa al 1990 al 2000 e al periodo 1990-2000.

Tabella 1 – Aree urbane totali, entro 200m e indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna regione, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000-

| Regione | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₂₀₀ | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₂₀₀ | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₂₀₀ |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Abruzzo | 233161783 | 7428387 | 3,19 | 268866905 | 7758580 | 2,89 | 34930823 | 331109 | 0,95 |
| Basilicata | 121333391 | 1569872 | 1,29 | 144547362 | 1569873 | 1,09 | 20197123 | 0 | 0,00 |
| Calabria | 395473644 | 20517563 | 5,19 | 458809701 | 22919533 | 5,00 | 63958364 | 2523801 | 3,95 |
| Campania | 791535291 | 19182580 | 2,42 | 828390417 | 20129325 | 2,43 | 31084730 | 951637 | 3,06 |
| Emilia-Romagna | 893132793 | 82374751 | 9,22 | 1026762924 | 93112717 | 9,07 | 105784192 | 8904545 | 8,42 |
| Friuli Venezia Giulia | 488045078 | 35024883 | 7,18 | 532277629 | 38706603 | 7,27 | 37377404 | 3045994 | 8,15 |
| Lazio | 897417500 | 3888965 | 0,43 | 955986075 | 3922492 | 0,41 | 49254022 | 33586 | 0,07 |
| Liguria | 250214968 | 3347665 | 1,34 | 252815464 | 3347667 | 1,32 | 801127 | 0 | 0,00 |
| Lombardia | 2380332769 | 48889240 | 2,05 | 2431049581 | 50032481 | 2,06 | 54501529 | 1139391 | 2,09 |
| Marche | 371125214 | 0 | 0,00 | 372807400 | 0 | 0,00 | 6702210 | 0 | 0,00 |
| Molise | 49013226 | 1090909 | 2,23 | 52432254 | 1090909 | 2,08 | 3502189 | 0 | 0,00 |
| Piemonte | 968653770 | 3502410 | 0,36 | 1065842116 | 3637885 | 0,34 | 90707470 | 82419 | 0,09 |
| Puglia | 845189607 | 2907940 | 0,34 | 858469420 | 2907939 | 0,34 | 12697958 | 0 | 0,00 |
| Sardegna | 537444823 | 0 | 0,00 | 655515590 | 0 | 0,00 | 122098721 | 0 | 0,00 |
| Sicilia | 1225855560 | 25503213 | 2,08 | 1254559004 | 25950261 | 2,07 | 23745671 | 376004 | 1,58 |
| Toscana | 812467902 | 20191106 | 2,49 | 912043211 | 22799210 | 2,50 | 89163671 | 2211652 | 2,48 |
| Trentino Alto-Adige | 254351499 | 9539025 | 3,75 | 287271762 | 11043141 | 3,84 | 19371360 | 444197 | 2,29 |
| Umbria | 242936329 | 10655244 | 4,39 | 259906778 | 11616681 | 4,47 | 13850386 | 962562 | 6,95 |
| Valle d'Aosta | 37153556 | 3053631 | 8,22 | 44363287 | 3248330 | 7,32 | 10145090 | 193146 | 1,90 |
| Veneto | 1315420689 | 67102045 | 5,10 | 1382081372 | 68864008 | 4,98 | 66510313 | 2033095 | 3,06 |
| TOTALE | 13110259391 | 365769428 | 2,79 | 14044798253 | 392657636 | 2,80 | 856384353 | 23233138 | 2,71 |
| | 1990 | | | 2000 | | | 1990-2000 | | |

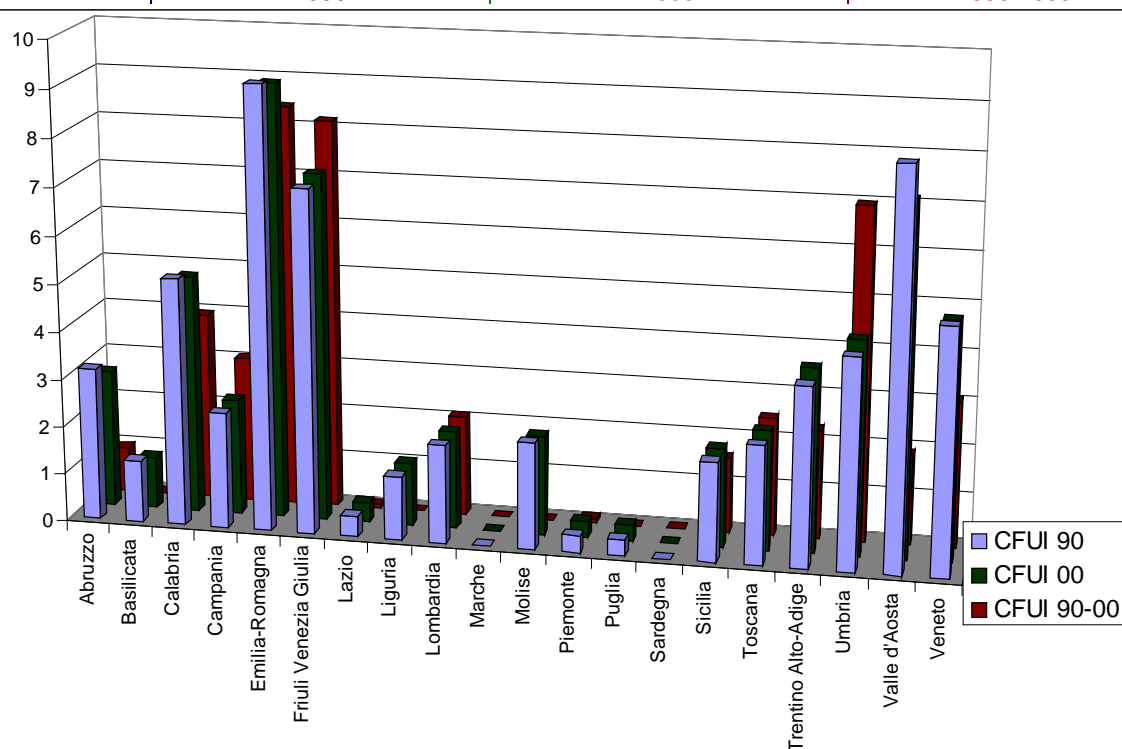


Figura 2 – L'indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna regione, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.

La distribuzione dell'indicatore CFUI₂₀₀ per regioni evidenzia due picchi principali in Emilia-Romagna e in Friuli-Venezia-Giulia. Anche in Valle d'Aosta l'indicatore CFUI è elevato ma comunque riferibile ad un'espansione urbana precedente al 1990. Viceversa, in Umbria il fenomeno sembra essere stato particolarmente intenso nel decennio 1990-2000.

In altre 11 regioni (Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Liguria, Lombardia, Molise, Sicilia, Toscana, Trentino Alto-Adige, Veneto) l'indicatore CFUI è superiore all'1%, benchè in alcuni casi (Basilicata, Liguria, Molise) si riferisca essenzialmente ad un periodo precedente al 1990. Nelle restanti regioni l'indicatore è inferiore all'1% (Lazio, Piemonte, Puglia) o nullo (Marche, Sardegna).

4.2. L'indicatore CFUI₂₀₀ nelle 24 aree urbane

In Tab. 2 e Figura 3 sono stati riportati i risultati delle elaborazioni dell'indicatore CFUI₂₀₀ nel territorio provinciale relativo alle 24 aree urbane considerate nel presente volume.

Tabella 2 – Aree urbane totali, entro 200m e indicatore CFUI₂₀₀ calcolato per ciascuna delle 24 aree urbane, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000

| Province | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₂₀₀ | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₂₀₀ | Area urbana totale (m ²) | Area urbana < 200 m (m ²) | CFUI ₉₀₋₀₀ |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Bari | 244652580 | 0 | 0 | 248615124 | 0 | 0 | 1873410 | 0 | 0,00 |
| Bologna | 164426647 | 26172587 | 15,9 | 196842305 | 31174769 | 15,84 | 27897869 | 3179338 | 11,40 |
| Brescia | 348034087 | 14543094 | 4,2 | 363495510 | 15253532 | 4,20 | 14450903 | 710439 | 4,92 |
| Brindisi | 88705632 | 0 | 0 | 89691593 | 0 | 0 | 987969 | 0 | 0,00 |
| Cagliari | 236225969 | 0 | 0 | 273659906 | 0 | 0 | 37810563 | 0 | 0,00 |
| Catania | 236125299 | 16913345 | 7,16 | 240015248 | 17289349 | 7,20 | 3602168 | 376004 | 10,44 |
| Firenze | 157461735 | 4083255 | 2,59 | 176632050 | 4802785 | 2,72 | 17916291 | 693901 | 3,87 |
| Foggia | 134665496 | 2842348 | 2,11 | 134665496 | 2842348 | 2,11 | 0 | 0 | 0,00 |
| Genova | 118195601 | 0 | 0 | 119169729 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Livorno | 80475621 | 0 | 0 | 92190371 | 0 | 0 | 9683737 | 0 | 0,00 |
| Messina | 180561063 | 274616 | 0,15 | 185998441 | 348901 | 0,19 | 1983370 | 0 | 0,00 |
| Milano | 653442878 | 3281946 | 0,50 | 673132279 | 3281946 | 0,49 | 11714473 | 0 | 0,00 |
| Modena | 143809836 | 14301651 | 9,94 | 155108363 | 15157378 | 9,77 | 12198858 | 845593 | 6,93 |
| Napoli | 325432248 | 11081304 | 3,41 | 335027885 | 11316204 | 3,38 | 7830991 | 323414 | 4,13 |
| Padova | 205048052 | 8601804 | 4,20 | 221804376 | 9259939 | 4,17 | 16371123 | 658134 | 4,02 |
| Palermo | 234760711 | 20639 | 0,01 | 241990381 | 20639 | 0,01 | 6466966 | 0 | 0,00 |
| Parma | 90642605 | 5696803 | 6,28 | 105640286 | 7019139 | 6,64 | 14703667 | 1322336 | 8,99 |
| Prato | 40600388 | 2969133 | 7,31 | 45262685 | 3529993 | 7,80 | 4390041 | 290507 | 6,62 |
| Reggio Calabria | 99952638 | 7373819 | 7,38 | 110385252 | 7619049 | 6,90 | 10657784 | 232340 | 2,18 |
| Roma | 591576209 | 0 | 0 | 622048883 | 0 | 0 | 29617674 | 0 | 0,00 |
| Taranto | 146808020 | 0 | 0 | 149929544 | 0 | 0 | 2819923 | 0 | 0,00 |
| Torino | 391609046 | 1836827 | 0,47 | 434900924 | 1971282 | 0,45 | 40372261 | 82419 | 0,20 |
| Trieste | 43397065 | 3962934 | 9,13 | 45596526 | 4167492 | 9,14 | 1587569 | 83030 | 5,23 |
| Venezia | 208667358 | 1045699 | 0,50 | 222821136 | 1063400 | 0,48 | 14035890 | 17701 | 0,13 |
| Verona | 245948373 | 11226730 | 4,56 | 259696111 | 11282697 | 4,34 | 11237856 | 173404 | 1,54 |
| | 1990 | | | 2000 | | | 1990-2000 | | |

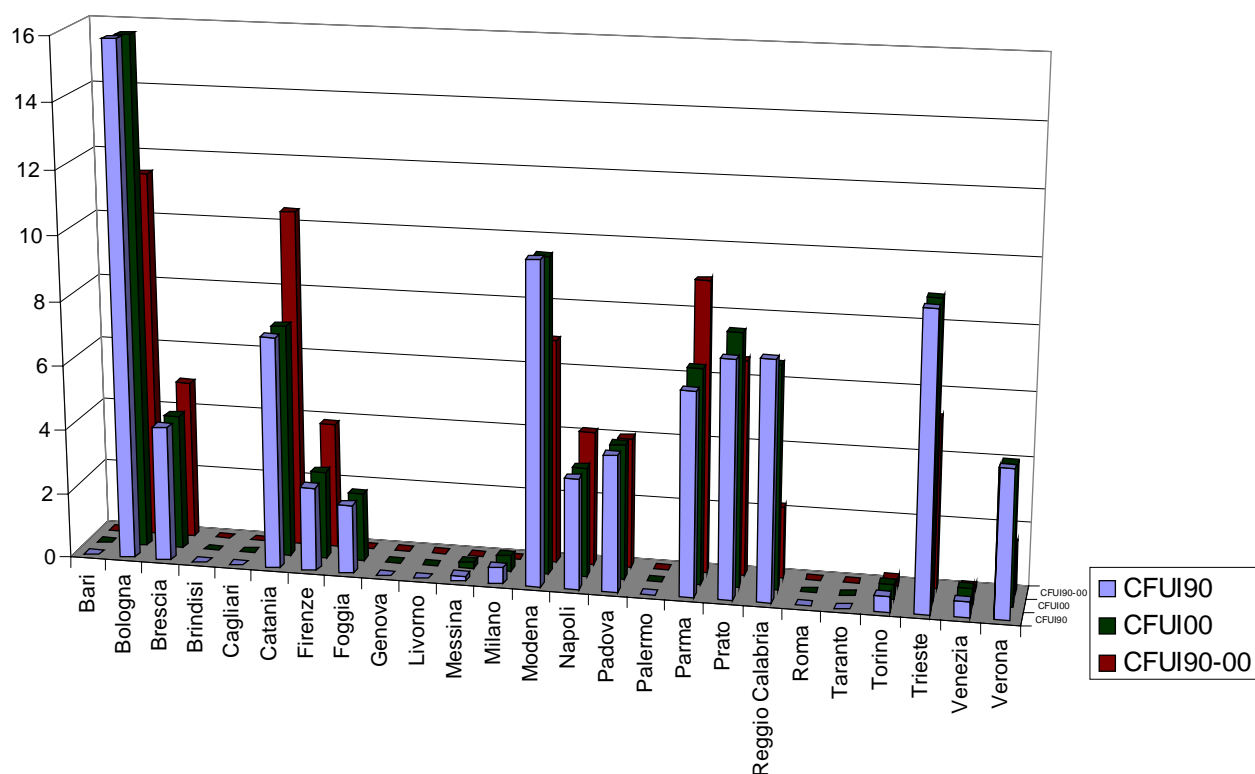


Figura 3 – L'indicatore $CFUI_{200}$ calcolato per ciascuna regione, relativamente al 1990, al 2000 e al periodo 1990-2000.

Quest'analisi ha evidenziato che l'indicatore CFUI è particolarmente elevato nelle aree urbane dell'Emilia-Romagna, confermando i dati regionali.

In particolare, a Bologna e Modena questa situazione è dovuta soprattutto all'urbanizzazione pre-1990, come anche a Trieste e a Reggio-Calabria. A Prato, Parma e a Catania questo fenomeno è invece imputabile prevalentemente al periodo 1990-2000.

Il fenomeno è significativo anche nelle province di, Brescia, Verona, Padova, Napoli, Firenze e Foggia. Nelle rimanenti aree urbane l'indicatore $CFUI_{200}$ mostra valori molto bassi se non nulli, evidenziando che l'espansione urbana ha interessato solo marginalmente, se non per nulla, le zone attraversate da faglie capaci.

5. Analisi di dettaglio su aree campione

Le analisi a livello nazionale hanno evidenziato dove l'espansione urbana tra il 1990 e il 2000 ha interessato in maniera significativa zone attraversate da faglie capaci, con particolare riferimento alle 24 aree urbane su cui viene focalizzata l'attenzione in questo volume.

In questa sezione vengono illustrati studi di dettaglio su aree campione con l'obiettivo di:

- validare i risultati ottenuti a scala nazionale con coperture urbane di maggior dettaglio (1:25.000) rispetto al CORINE Land Cover (1:100.000).
- analizzare in dettaglio porzioni del territorio in cui la deformazione in superficie associata alla riattivazione di faglie capaci può essere assai differente.

Sono state selezionate alcune aree campione (ubicazione in Figura 4) tra le aree ove il fenomeno è risultato più intenso:

- 1) Aree urbane di Bologna e Reggio-Emilia, ove le deformazioni superficiali sono dovute a riattivazioni di faglie capaci di tipo inverso;
- 2) Foglio 348 "Antrodoto" e area urbana dell'Aquila, caratterizzate fondamentalmente da dislocazioni di faglie capaci di tipo normale, come tipicamente avviene in Appennino centrale.
- 3) Area di Catania e versante orientale dell'Etna, indicativa di faglie capaci in ambiente vulcano-tettonico.



Figura 4 – Ubicazione delle aree campione ove sono stati eseguiti studi di dettaglio

Anche in questi studi di dettaglio è stata considerata una fascia di rispetto di larghezza pari a 200 m su entrambi i lati della faglia.

5.1. Aree urbane di Bologna e Reggio-Emilia (periodo 1954-1994)

Le città di Bologna e Reggio Emilia sono localizzate al margine meridionale della pianura padana a breve distanza dai rilievi dell'Appennino settentrionale.

Le faglie capaci che attraversano le due aree urbane (Figura 5) sono di tipo inverso, legate alle spinte compressive al contatto tra l'orogeno appenninico e l'avanfossa padanica (BOCCALETTI *et al.*, 2003). La riattivazione di queste faglie, generalmente accompagnata da sismicità di media energia, può determinare in superficie locali sollevamenti della superficie topografica e, seppur raramente, dislocazioni di modesta entità.

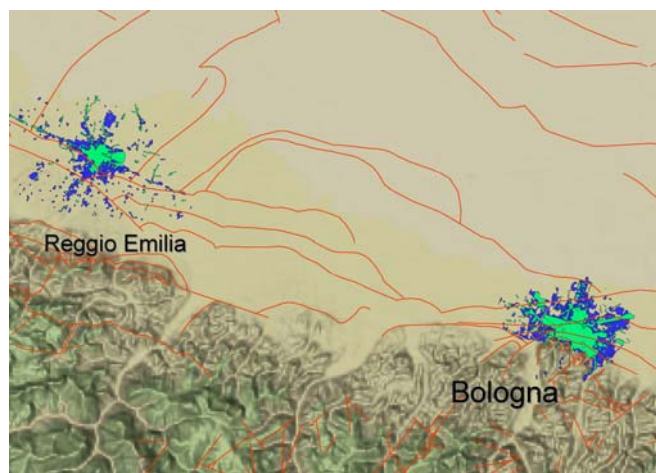


Figura 5– Le aree urbane di Reggio Emilia e Bologna nel 1954 (in verde) e nel 1994 (in blu). Le linee rosse indicano le faglie capaci da ITHACA.

Per la definizione delle coperture relative alle aree urbane sono state interpretate le foto aeree del volo Italia (1954). E' stata inoltre utilizzata la copertura delle aree urbane alla scala 1:25.000 così come risulta nella Carta Uso del Suolo (1994) della Regione Emilia-Romagna (disponibile all'indirizzo <http://www.regione.emilia-romagna.it/carto/reper/defaulta.htm>).

Le faglie capaci che attraversano il comune di Bologna sono localizzate nella parte centro-settentrionale dell'abitato e già dagli anni '50 il tessuto urbano era attraversato da queste strutture. Successivamente al 1954 lo sviluppo urbano è proseguito omogeneamente anche nelle zone ricadenti all'interno delle fasce di rispetto, interessate prevalentemente da tessuto urbano continuo, discontinuo e verde urbano.

Infatti, nel 1954 la superficie urbanizzata entro 200 m dalle faglie capaci era dell'11% ed è rimasta pressoché invariata nel 1994. Questo significa che l'espansione urbana tra il 1954 e il 1994 nel comune di Bologna ha interessato, proporzionalmente, sia la parte esterna che quella interna alla fascia di rispetto (Figura 6).

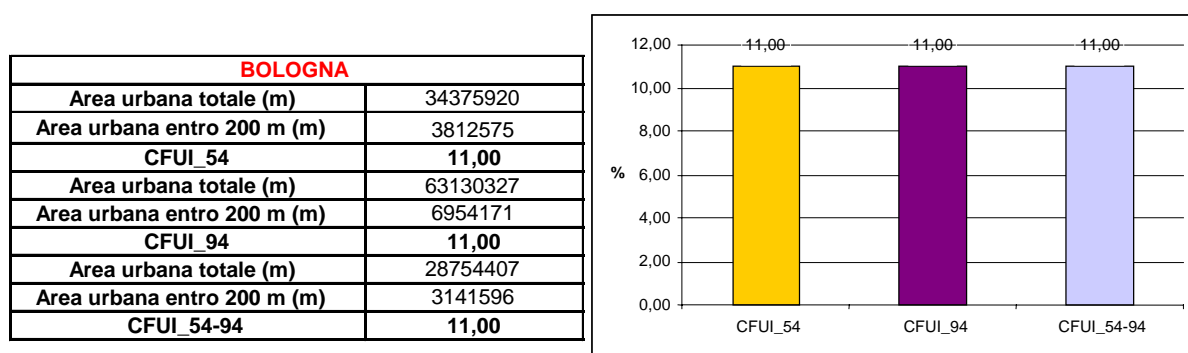


Figura 6 – L'indicatore $CFUI_{200}$ nel comune di Bologna tra il 1954 e il 1994

Il comune di Reggio Emilia è attraversato da faglie capaci nelle porzioni di periferia cittadina, zone che sono state interessate ampiamente dallo sviluppo urbano più recente.

Nel 1954 la superficie urbanizzata all'interno della fascia di rispetto era dell'8%, mentre nel 1994 è cresciuta sino al 13% (Figura 7). Si è calcolato quindi un indice $CFUI_{200}$, nell'arco di tempo considerato, del 17%.

La tipologia presente all'interno della fascia di rispetto è caratterizzata principalmente da tessuto urbano discontinuo e continuo (79%).

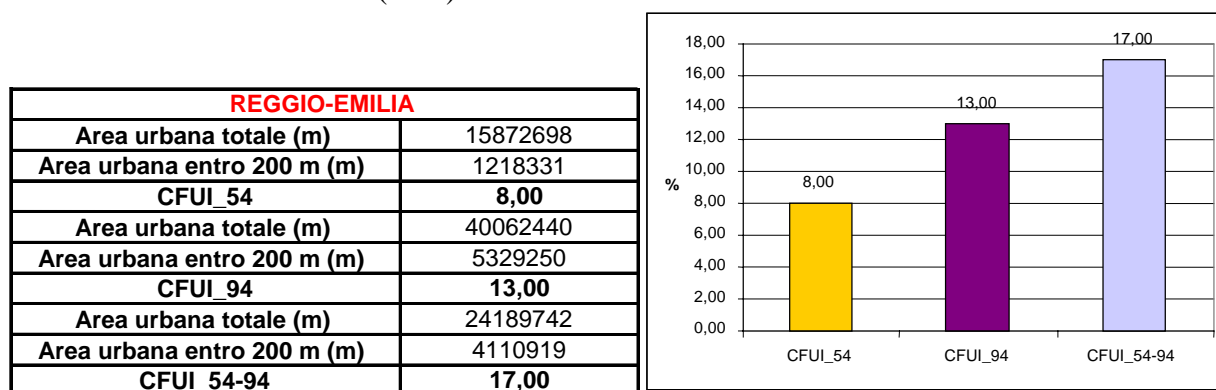


Figura 7 – L'indicatore $CFUI_{200}$ nel comune di Reggio-Emilia tra il 1954 e il 1994

5.2. Foglio Antrodoco (periodo 1954 – 1995) e L'Aquila (periodo 1954 – 2000)

L'area del Foglio Antrodoco ricade in un settore della catena appenninica al contatto tra il dominio pelagico umbro-marchigiano e il dominio di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese.

Le faglie capaci incluse nella banca dati ITHACA sono di tipo normale, legate all'attività estensionale tuttora presente in questo settore della catena appenninica. La riattivazione di questo tipo di faglie si accompagna ad eventi sismici di magnitudo fino a 6.5-7.0, producendo dislocazioni superficiali di diverse decine di centimetri fino anche al metro.

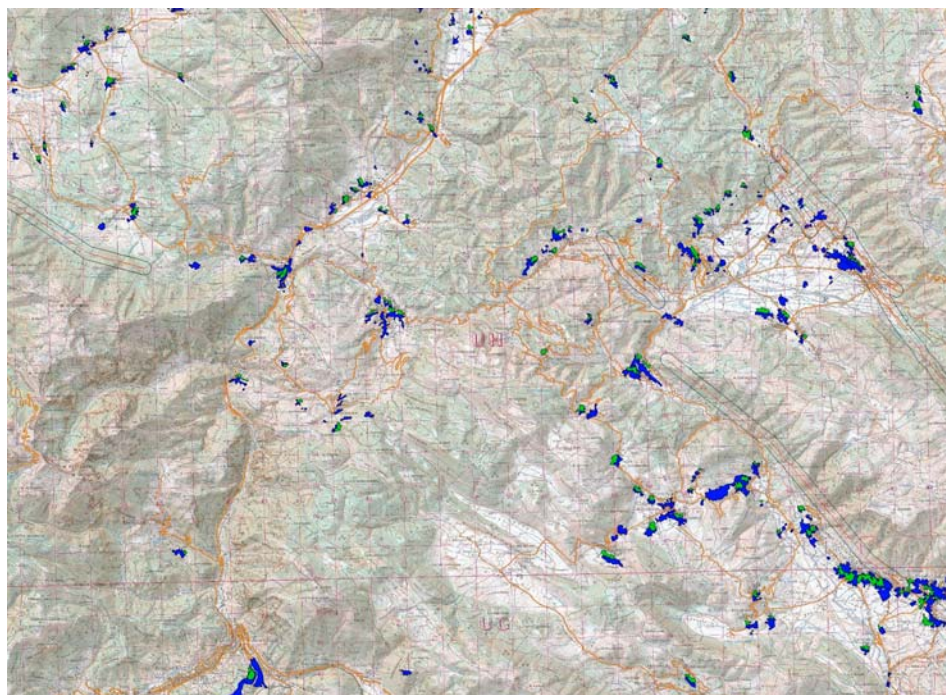


Figura 8 – Le aree urbanizzate del Foglio Antrodoco nel 1954 (in verde) e nel 1995 (in blue) in relazione alla faglie capaci e alla relativa fascia di rispetto ampia 200 m.

Per quanto riguarda la definizione dell'urbanizzato, sono state prodotte due coperture relative alle aree urbane nel 1954 (volo Italia) e nel 1995 (IGM). Dalla Figura 8 si evince una situazione tipica di un'area montana dell'Appennino in cui l'urbanizzazione “a macchia di leopardo” risente delle caratteristiche orografiche del territorio.

Le zone maggiormente interessate dalla presenza di faglie capaci sono quelle nell'*hanging wall* delle faglie di Montereale e Pizzoli, zone in cui si è avuta la maggior espansione urbana.

Nel 1954 il valore dell'indicatore $CFUI_{200}$ è risultato pari a 12,5%, mentre nel 1995 è diminuito fino a 6,38% (Figura 9). Questo dato sembrerebbe indicare che l'espansione urbana tra il 1954 e il 1995 ha interessato in misura marginale (3,83%) le aree prossime alle faglie capaci. Da un punto di vista qualitativo questa espansione urbana è composta prevalentemente da tessuto urbano continuo e discontinuo.

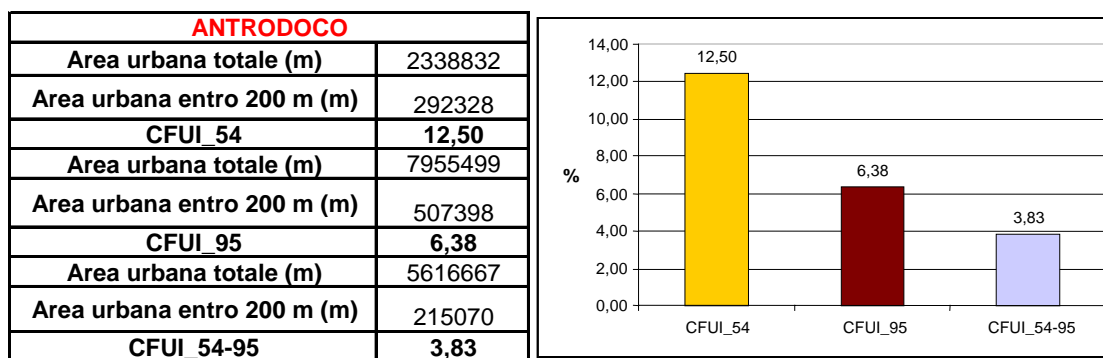


Figura 9 – L'indicatore $CFUI_{200}$ nel Foglio Antrodoco tra il 1954 e il 1995



Figura 10 – Le faglie di Pizzoli e Monte Pettino che bordano il bacino dell'Aquila (da BLUMETTI & GUERRIERI, in stampa). In questo caso sono state esaminate le aree urbanizzate lungo il lato ribassato della faglia.

Uno studio di dettaglio ancora maggiore è stato eseguito all'Aquila, prendendo in considerazione la fascia urbanizzata nell'*hanging wall* (la zona ribassata) delle faglie di Pizzoli e di Monte Pettino (Figura 10).

In questo caso è stata considerata l'espansione urbana che si è avuta tra il 1954 e il 2000. Anche in quest'area, il valore del $CFUI_{200}$ tra il 1954 e il 2000 è diminuito (Figura 11). Tuttavia questa diminuzione (da 8,64% a 5,31%) è stata meno significativa rispetto al Foglio Antrodoco. Il 4,22% dell'espansione urbana ha interessato aree prossime alle faglie capaci, in cui si ha prevalentemente tessuto urbano continuo, ma anche discontinuo (12%), aree estrattive (3%) ed aree industriali e commerciali (1%).

Alla luce di questi dati è importante sottolineare che sia a L'Aquila che nel Foglio Antrodoco ciò che è aumentato maggiormente all'interno delle fasce di rispetto è il tessuto urbano propriamente detto (continuo e discontinuo).

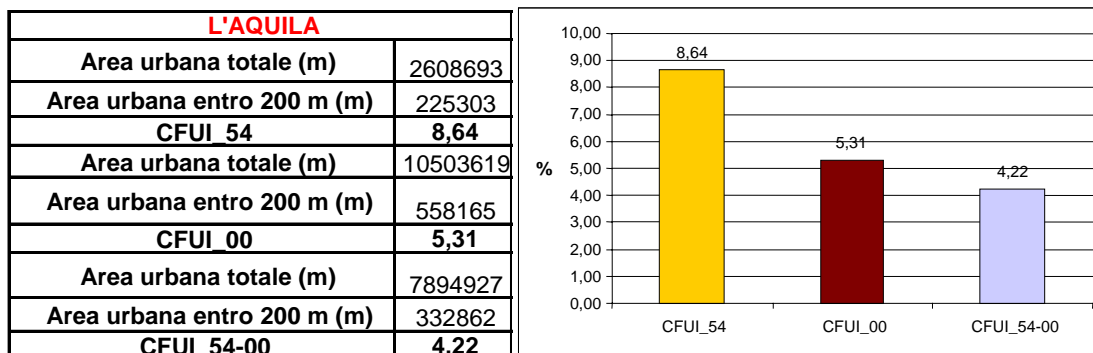


Figura 11 – L'indicatore $CFUI_{200}$ nell'area di L'Aquila tra il 1954 e il 2000

5.3 Area etnea (periodo 1954-2000)

L'assetto tettonico dell'area etnea è comunemente interpretato come il risultato dell'interazione tra l'attività tettonica regionale e processi locali legati all'attività vulcanica (LO GIUDICE & RASÀ, 1992; AZZARO, 2004).

L'area esaminata è delimitata verso nord dalle faglie Pernicana e Fiumefreddo e verso sud dalla faglie di Tre Castagni e Tre Mestieri-Nicolosi. Questo settore è in lento scivolamento verso il bacino ionico (*lateral spreading*), probabilmente in risposta ai movimenti tettonici lungo la scarpata Ibleo-Maltese e alle periodiche pulsazioni della camera magmatica dell'Etna.

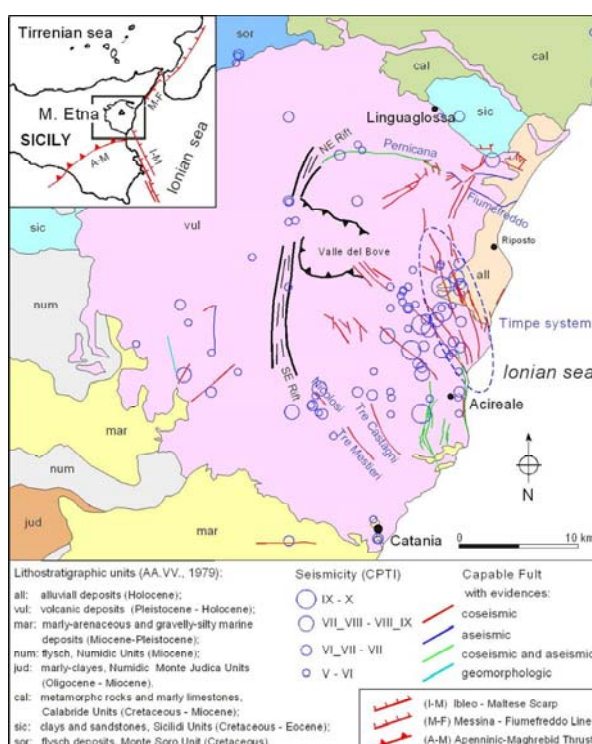


Figura 12 – Schema geologico del versante orientale dell'Etna: sono evidenziate le faglie capaci cosismiche (in rosso), asismiche (in blu), cosismiche e asismiche (in verde). Da BLUMETTI et al. (2006)

Le rotture superficiali si verificano in corrispondenza di faglie capaci ben conosciute e vincolate (Figura 12). Alcune di queste strutture si muovono in corrispondenza di eventi sismici, altre invece si deformano in modo asismico (*creep*), producendo in ogni caso rotture in superficie significative,

potenzialmente in grado di interferire con le infrastrutture (es. VULNERA database, BLUMETTI *et al.*, 2006).

Per definire le coperture relative alle aree urbanizzate sono stati utilizzati il volo Italia (1954) e le ortofoto TerraItaly (2000).

Nel 1954, la superficie urbanizzata all'interno delle fasce di rispetto, costituita per la maggior parte da tessuto urbano continuo (62%), ha un valore dell'indicatore CFUI₂₀₀ del 25,78%, dato che indica un'urbanizzazione assai intensa all'interno delle fasce di rispetto (Figura 13). Nel 2000, il valore del CFUI₂₀₀, risulta pari a 8,22%, che pur restando significativo in generale, evidenzia una notevole diminuzione dell'incidenza dell'urbanizzato in prossimità di faglie capaci.

Ciò è chiaramente confermato anche dal CFUI₂₀₀ riferito all'espansione urbana tra il 1954 e il 2000 (Figura 14), caratterizzata prevalentemente da tessuto urbano continuo (55%) e discontinuo (35%), che risulta pari a 0,72%, evidenziando che le nuove aree urbane hanno interessato per la quasi totalità zone distanti dalle faglie capaci.

| AREA ETNEA | |
|------------------------------------|------------------|
| Area urbana totale (m) | 32117446 |
| Area urbana entro 200 m (m) | 8279482 |
| CFUI_54 | 25,78 |
| Area urbana totale (m) | 107252817 |
| Area urbana entro 200 m (m) | 8821276 |
| CFUI_00 | 8,22 |
| Area urbana totale (m) | 75135371 |
| Area urbana entro 200 m (m) | 541794 |
| CFUI_54-00 | 0,72 |

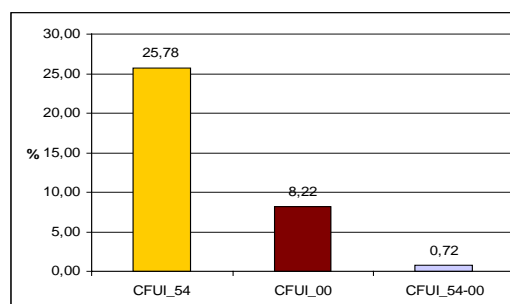


Figura 13 –L'indicatore CFUI₂₀₀ nell'area etnea tra il 1954 e il 2000

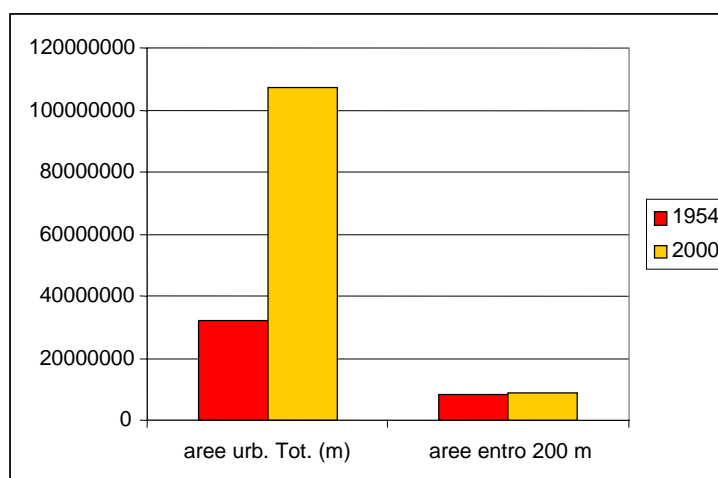


Figura 14– Espansione urbana totale e entro 200 metri dalle faglie capaci, tra il 1954 e il 2000

6. Discussione e conclusioni

Lo studio a scala nazionale ha evidenziato che nel periodo 1990-2000 circa il 2,7 % dell'espansione urbana (poco più di 23 kmq) ha interessato aree a distanza minore di 200 m da faglie capaci.

Relativamente alle 24 aree urbane esaminate, in base ai dati CORINE 1990 e 2000, il fenomeno è particolarmente diffuso ($CFUI > 5\%$) nelle città di Bologna, Modena, Trieste, Catania, Prato, Reggio-Calabria e Parma. Tra queste, solamente per le città di Prato e Parma questo fenomeno è imputabile all'espansione urbana recente (1990-2000) mentre nelle altre città si tratta di aree urbanizzate in un periodo precedente.

Sulla base dell'entità delle potenziali deformazioni in superficie, occorre fare alcune considerazioni: nelle città dell'Emilia-Romagna (Bologna, Modena, Parma), pur essendo il fenomeno maggiormente diffuso l'entità delle dislocazioni in superficie è molto modesta (max centimetrica). Le faglie capaci che interessano Reggio-Calabria (dirette), sono invece in grado di produrre dislocazioni maggiori (decimetriche fino anche al metro). Anche a Catania, riattivazioni delle faglie in ambiente vulcano-tettonico sul versante orientale dell'Etna possono produrre dislocazioni superficiali di notevole entità (decimetriche fino al metro) come documentato anche recentemente (BLUMETTI *et al.*, 2006).

Relativamente alle faglie che interessano l'area urbana di Prato (diretta) e Trieste (dirette e inverse) non si hanno informazioni specifiche in merito all'entità della dislocazione attesa che, in ogni caso, non dovrebbe essere superiore a pochi decimetri.

Gli studi sulle aree campione hanno consentito di focalizzare l'attenzione su settori peculiari con un dettaglio superiore a quello fornito dai dati CORINE. I risultati hanno consentito di confermare nei comuni di Bologna e Reggio-Emilia che il fenomeno è particolarmente intenso. Nei due casi dell'Appennino Centrale, le faglie capaci (dirette) esaminate sono in grado di produrre dislocazioni significative, di entità decimetrica fino al metro. Tuttavia, mentre nell'area del Foglio Antrodoco l'urbanizzazione in prossimità delle faglie capaci è soprattutto "antica" (precedente al 1954) a L'Aquila è stata soprattutto l'espansione urbana "recente" (successiva al 1954) ad aver occupato aree prossime a faglie capaci.

Anche in Sicilia Orientale i dati di dettaglio hanno messo in evidenza che l'urbanizzazione "storica" ha attraversato diffusamente faglie capaci (25,78% delle aree urbane a meno di 200 metri nel 1954) mentre l'espansione urbana più recente si è attestata quasi esclusivamente ad una distanza di rispetto dalle faglie capaci.

Le analisi svolte hanno pertanto confermato che l'indicatore CFUI è in grado di individuare dove il fenomeno dell'espansione urbana in prossimità di faglie capaci è stato più intenso e di valutare il ruolo avuto dall'espansione urbana più recente in questo processo.

In questo senso, si ritiene che questo indicatore possa fornire una prima indicazione che consenta di tener conto del problema della presenza delle faglie capaci nella pianificazione del territorio. In prospettiva, è auspicabile che, in analogia con altri paesi ove il fenomeno della fagliazione superficiale è significativo, vengano introdotte nella normativa che regola la pianificazione delle aree urbane, specifiche misure finalizzate a limitarne l'espansione in corrispondenza di faglie capaci.

D'altra parte, è evidente che questo indicatore non è in grado di fornire da solo una valutazione della pericolosità (*hazard*) dovuta alla fagliazione superficiale, ma andrebbe integrato con informazioni che tengano conto del diverso potenziale di dislocazione associato a ciascuna struttura, della reale ampiezza della fascia di deformazione attorno alla faglia, nonché delle caratteristiche del costruito esposto al rischio. Questo tipo di analisi devono essere necessariamente condotte a livello locale e sono difficilmente sintetizzabili in un indicatore omnicomprendivo confrontabile a scala nazionale.

Bibliografia

AZZARO R., 2004 - Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model. Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.

BLUMETTI A.M., DI MANNA P., FERRELI L., FIORENZA D., SERAFINI R., VITTORI E., VASILE F., BADALAMENTI F. & BRANCATO A. (2006) - Vulnerability of water supply network by capable faults in the Etna region (VULNERA- FCE PROJECT). 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Barcelona Giugno 2006, 440-442.

BLUMETTI A.M. & GUERRIERI L. (in stampa) - Fault-generated mountain fronts and the identification of fault segments: implications for seismic hazard assessment. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Issue. "Geomorfologia Sismica", 23° Convegno CNR-GNGTS, Novembre 2004, Roma.

BOCCALETTI M., BONINI M., CORTI G., GASPERINI P., MARTELLI L., PICCARDI L., TANINI & VANNUCCI G. (2003) – Carta sismotettonica della regione Emilia-Romagna. Scala 1:250.000. Regione Emilia-Romagna.

GALADINI F., MELETTI C., REBEZ A. (1999) – Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999). CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 2000, 397 pp.

DI MANNA P., BLUMETTI A.M., FIORENZA D., FERRELI L., GIARDINA F., MICHETTI A.M., SERVA L., & VITTORI E. (2006) – ITHACA (versione 2006): new data on capable faults in Italy, 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Barcelona, giugno 2006, 452-454.

IAEA (2003) – Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Guide N° NS-G-3.3. 31 pp.

LO GIUDICE E. & RASÀ R. (1992) – Very shallow earthquakes and brittle deformation in active volcanic areas: the etnean regio as example. Tectonophysics 2002, 257-268.

MICHETTI A.M., SERVA L. & VITTORI E. (2000) – ITHACA – Italy Hazard from Capable faults. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasile, luglio 2000, abstract + CD.

VITTORI E. (2004) – The map of active faults of Italy. 32nd International Geological Congress, Firenze, agosto 2004. Abstract Volume.