

TASK 6 :VULNERABILITÀ DEL CENTRO URBANO

Responsabile: Edoardo Cosenza

UNITÀ DI RICERCA UniNA UniPV UniGE

L’attività dei gruppi di ricerca afferenti al *Task 6. Vulnerabilità del centro urbano* per il primo anno può essere suddivisa in tre fasi distinte:

1. Censimento, scelta dei comparti urbani campione e reperimento dati relativamente al costruito (**70% svolto**).
2. Reperimento dati e caratterizzazione statistica dei materiali da costruzione utilizzati (**100% svolto**).
3. Definizione preliminare di modelli (da calibrarsi a seguito dell’elaborazione delle schede di rilievo e dei dati raccolti nella fase 1) per il calcolo strutturale semplificato (**80% svolto**).

1. Censimento, scelta dei comparti urbani campione e reperimento dati relativamente al costruito.

A seguito di un censimento complessivo del costruito del comune di Benevento è stato possibile individuare in Rione Libertà il comparto urbano campione per la caratterizzazione della vulnerabilità sismica sia degli edifici in cemento armato costruiti prima del 1980 che per quelli in muratura (edilizia minore). Si è inoltre scelto Palazzo Bosco Lucarelli (sede della Facoltà di Ingegneria dell’Università del Sannio) e la chiesa di Santa Sofia come edifici storico-monumentali da studiare in maggior dettaglio, oltre al monumento dell’Arco di Traiano.

Uno dei criteri principali per la scelta del comparto urbano campione è stato la presenza di un costruito “omogeneo”, ovvero di classi di edifici della stessa tipologia (cemento armato e/o muratura) aventi caratteristiche strutturali non troppo dissimili e che, possibilmente, fossero stati costruiti in un intervallo temporale non troppo ampio e prima degli anni 80, cioè prima della comparsa delle normative sismiche di ultima generazione. L’individuazione di gruppi di edifici costruiti nella stessa epoca consente, da un lato, di far riferimento alle stesse indicazioni normative per la progettazione e l’esecuzione delle opere e garantisce, dall’altro, che le tecniche di costruzione ed i materiali utilizzati siano effettivamente paragonabili.

Rione Libertà presenta le caratteristiche suddette. Quasi tutto il quartiere è edificato con edilizia di tipo popolare e buona parte delle unità abitative sono proprietà dell’Istituto Autonomo Case Popolari (IACP), che tuttora si occupa della manutenzione ordinaria e straordinaria degli stabili. Il quartiere può essere suddiviso idealmente in due parti, Nord-Ovest e Sud-Est, da Via Principe di Napoli, come si vede in figura 1.

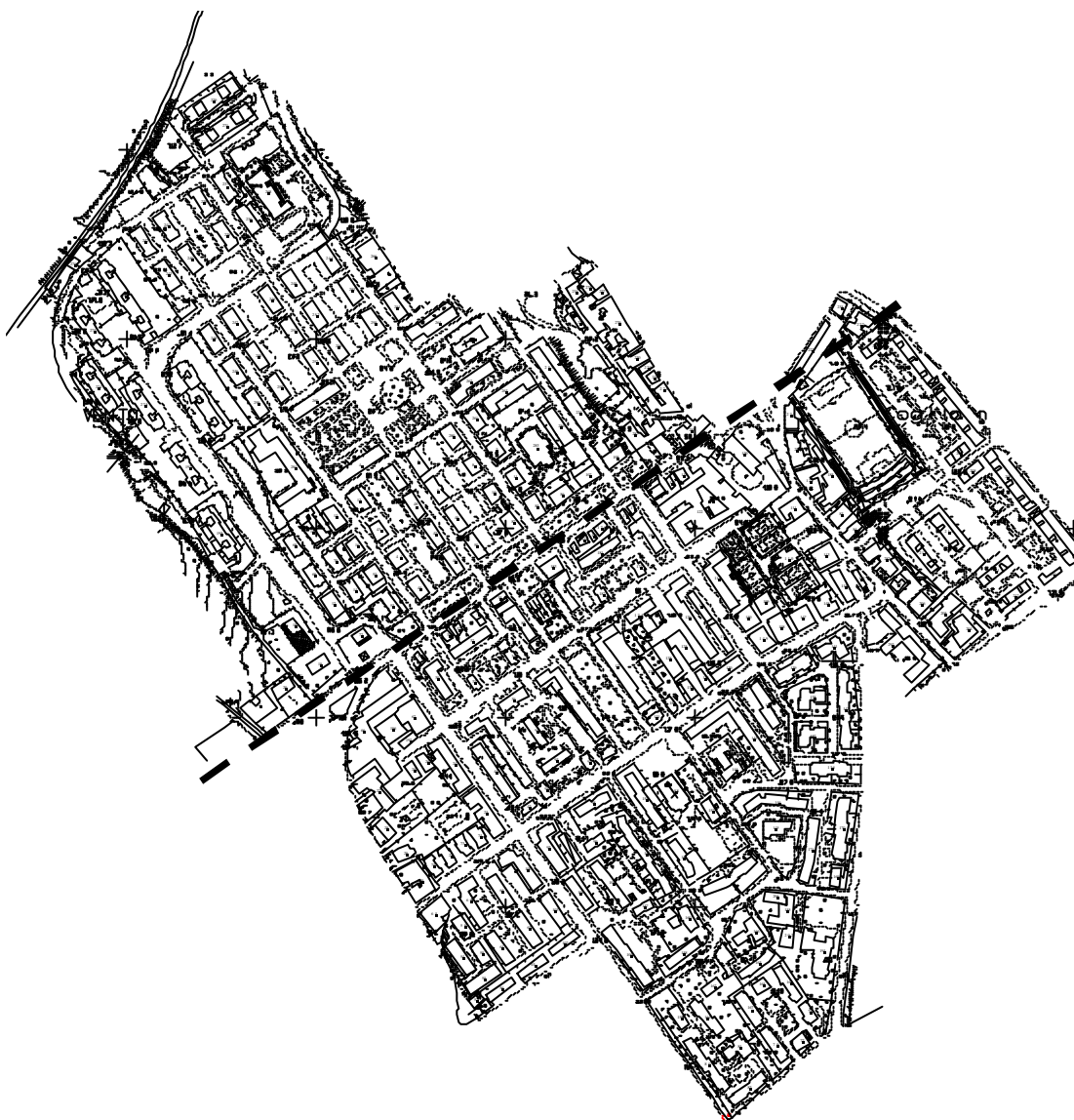


Figura 1 - Rione Libertà.

La parte Nord-Ovest è costituita principalmente da palazzine in muratura con numero di piani minore o uguale a tre costruite nell’arco di tempo che va dall’epoca prebellica (periodo fascista) al 1960. Dall’analisi delle carte del piano particolareggiato per Rione Libertà e da un primo sopralluogo effettuato ci si è resi conto che si tratta di edifici simili, che possono essere ricondotti ad un’unica tipologia molto omogenea. Nella parte Sud-Est l’edilizia è costituita

principalmente da edifici in cemento armato di quattro o cinque piani, la maggior parte dei quali (circa il 60%) è stata edificata fra la seconda metà degli anni 40 ed il 1960. In figura 2 sono evidenziati (cerchiati) gli stabili della parte a sud-est di proprietà dell’IACP.



Figura 2 - Stabili nella parte Sud-Est appartenenti all’IACP (cerchiati).

È interessante notare che il comune di Benevento è stato inserito in zona sismica II con il Regio Decreto n. 640 del Marzo 1935, e quindi quasi tutti gli edifici cui ci si riferisce sono stati progettati in presenza di indicazioni normative specifiche per zona sismica. Nel corso del quarantennio che va dai primi anni trenta alla fine degli anni 70 la normativa sismica ha subito delle modifiche, e ciò, naturalmente, ha influenzato la progettazione degli edifici ed andrà considerato nella calibrazione del modello da utilizzare per gli studi parametrici. In particolare le normative non sismiche di riferimento sono il Regio Decreto n. 2229 del

novembre 1939 e la Circolare n.1472 del maggio 1957. Le normative sismiche di riferimento sono il già citato RDL n. 640 del marzo 1935, il RDL n. 2202 del novembre 1937, la legge n. 1684 del novembre 1962, la legge n. 64 del febbraio 1974 ed il D.M. n. 1684 del marzo 1975. Da notare che solo a partire dal D.M. n. 1684 del marzo 1975 si considera una distribuzione di forze orizzontali di tipo triangolare, mentre nelle precedenti indicazioni normative si consideravano forze orizzontali costanti in elevazione.

La raccolta dati sul costruito è stata effettuata grazie all’ausilio di una scheda di rilievo opportunamente messa a punto. Le informazioni raccolte sulla scheda, sono principalmente di carattere morfologico e strutturale, e serviranno, oltre che per la creazione di una scheda identificativa per ogni edificio da inserire nel database a supporto del sistema informativo territoriale (GIS) per individuare le tipologie/classi di edifici ricorrenti e classificare ciascun edificio all’interno di una classe. Lo studio parametrico effettuato per edifici appartenenti ad una determinata classe consentirà, in seguito, di determinare il grado di vulnerabilità sismica degli edifici appartenenti alla classe.

Le informazioni raccolte sulla scheda contengono i parametri strutturali e non strutturali ritenuti significativi per la caratterizzazione della vulnerabilità sismica degli edifici ed altri parametri utili alla classificazione degli stabili. Tali informazioni riguardano:

- Identificazione edificio (localizzazione, epoca di costruzione, destinazione d’uso, distribuzione d’uso)
- Caratteristiche morfologiche e dimensionali (pianta, altezza, area di sedime, volumetria, numero piani entro e fuori terra, numero unità immobiliari etc.)
- Caratteristiche tecnologiche e dimensionali (tipologia strutturale, dimensioni ricorrenti di travi e pilastri e/o dei setti, solai, scale, fori e fondazioni)
- Caratteristiche tecnologiche degli elementi complementari alla struttura (tamponature, giunti, piano soffice)
- Condizioni di degrado rilevate (ossidazione ferri e/o carbonatazione del cls, quadri fessurativi, eventuali intervento di consolidamento)
- Inserimento nell’ambiente urbano (edifici isolati o a cortina, unifamiliari o plurifamiliari etc.)

La compilazione della scheda è stata effettuata intrecciando informazioni raccolte dal piano particolareggiato realizzato dal comune di Benevento per il Rione Libertà alla fine degli anni 70, dall’esame dei progetti di edifici realizzati dall’Istituto Autonomo Case Popolari e messi a disposizione per consultazione dall’ente stesso ed, infine, dal rilievo sul campo effettuato da squadre di tecnici.

Le carte del piano particolareggiato per il Rione Libertà sono relative all'epoca di costruzione degli edifici ed al numero di piani e l'esame delle stesse ha consentito una prima suddivisione del costruito per epoche che vanno dal periodo antecedente al 1945 alla fine degli anni 70. In particolare il 21% degli edifici in muratura è stato costruito prima del 1945, il 60% fra il 1945 ed il 1960, il 12% fra il 1960 e la fine degli anni 70 e la restante parte (circa il 7%) nel periodo successivo; il 65 % di quelli in cemento armato è stato costruito fra 1945 e 1960, il 30% dal 1960 e la restante parte (circa il 5%) dal 1978 ad oggi. Per quanto riguarda il numero di piani si è rilevato che degli edifici nella parte a Nord-Ovest circa il 78% hanno un numero di piani minore o uguale a tre, mentre circa il 70% degli edifici in c.a. della parte a sud-est ha 4 o 5 piani.

L'esame dei progetti messi a disposizione dall'IACP ha reso possibile la compilazione di parte delle schede; le informazioni mancanti ed il riscontro a campione di quelle raccolte è stato effettuato con attività di rilievo sul campo.

2. Reperimento dati e caratterizzazione statistica dei materiali da costruzione utilizzati.

È stata condotta un'estesa indagine sui materiali da costruzione (acciai e calcestruzzi) utilizzati nel decennio 60-70. Lo studio riguardante i calcestruzzi è stato esteso anche per il decennio 70-80.

Per poter risalire alle proprietà degli edifici costruiti nel periodo d'interesse si sarebbero dovute consultare le relazioni di calcolo ad essi afferenti, il cui reperimento non è di facile attuazione per edifici di vecchia data. In teoria l'unico mezzo a disposizione del tecnico per l'acquisizione di questi dati è lo svolgimento di specifici test di laboratorio eseguiti su provini prelevati direttamente dalla costruzione in esame. Tutto ciò non è però realizzabile nella pratica. Tuttavia la conoscenza della distribuzione negli anni del tipo di materiale usato e delle sue caratteristiche offre una valida alternativa alla risoluzione di tale problema; A tal fine sono state riprese e studiate le prove di rottura eseguite presso il Dipartimento di Scienza delle Costruzioni della Facoltà d'Ingegneria di Napoli, presso il quale vi era l'unico laboratorio-prove attivo all'epoca in Campania. Il campione studiato può essere senza dubbio considerato rappresentativo dell'intera di interesse.

Il lavoro è stato suddiviso in due periodi: decennio 60-70 e decennio 70-80.

Il criterio seguito per la raccolta dei dati è consistito inizialmente nel trascrivere tutti i risultati delle prove di rottura portate a termine nell'anno 1960, assunto come anno di partenza delle indagini. In tal modo sono stati raccolti oltre 2500 valori per l'acciaio e 4800 per il cls.

I parametri riportati sono i seguenti:

Per l’acciaio:

- percentuale di utilizzo dei vari acciai nel tempo;
- tensione di snervamento degli acciai suddivisi per anno e decennio;
- tensione di rottura degli acciai suddivisi per anno e decennio;
- allungamento percentuale a rottura.

Per il calcestruzzo:

- resistenza a compressione dei provini.

Acciaio

Per quanto riguarda la classificazione dei materiali si è fatto riferimento, per l’acciaio, alla definizione introdotta nella circolare n. 1472 del 1957 nella quale si distingueva, in base alla resistenza a rottura, snervamento ed allungamento, tre tipi di acciai: Aq.42, Aq.50 e Aq.60, dove il numero rappresenta il limite inferiore della resistenza a rottura espressa in kg/mm². In aggiunta alle classi sopra citate si è ritenuto di dover considerare altri due gruppi: gli acciai con resistenza a rottura superiore a 7000 kg/cm² sono stati classificati come acciai ad alto limite elastico; quelli con rottura inferiore a 4200 kg/cm² sono stati detti comuni. Si è ricavata la percentuale di utilizzo dei suddetti tipi di acciai nel decennio 60-70. Il risultato dell’indagine è riportato in figura 3.

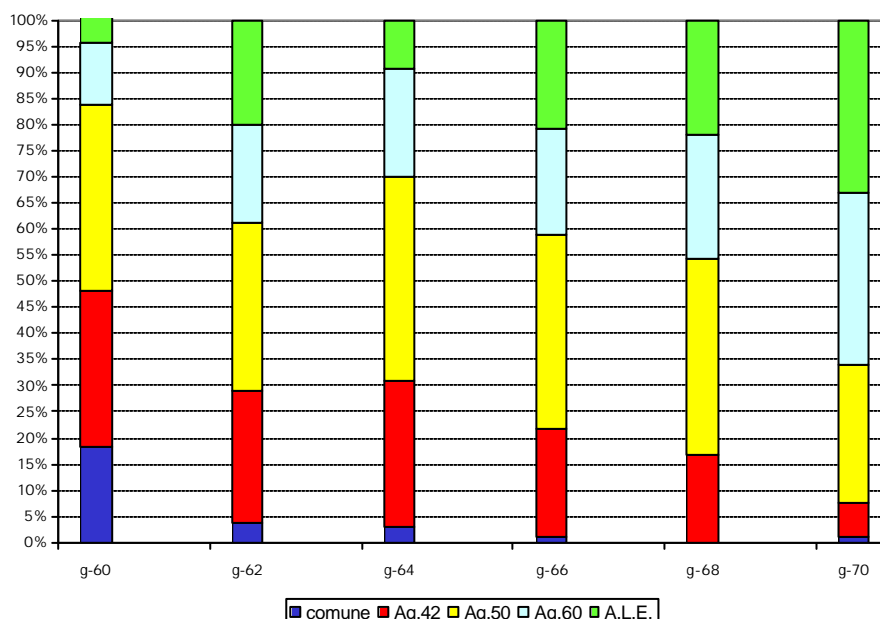


Figura 3 - Percentuale di utilizzo classi acciai- Decennio 60.

Dal grafico riportato in figura 3 si ricava che c’è stata una progressiva modificazione della produzione siderurgica, nel passare dall’anno 1960 al 1970: l’acciaio comune è andato scomparendo quasi totalmente (12,8%=>1,0%); l’Aq.42 è diminuito in modo abbastanza evidente (dal 29,1% al 6,5%) e l’Aq.50 è rimasto costante fino al 1968 (dal 38,1% al 37,6%) per diminuire nel 1970 (26,5%) invece l’acciaio di qualità, Aq.60 (dal 11,1% al 33,0%) e l’acciaio ad A.L.E. (dal 8,8% al 33,0%) sono aumentati Per ciascuna delle classi di acciai individuata, inoltre, si sono individuati i valori medi della resistenza di snervamento e di rottura. A titolo d’esempio si riportano i valori medi dell’acciaio Aq42 per il decennio 1960-70 (fig.4) ed il confronto tra i valori medi annui e il valor medio relativo all’intero decennio.

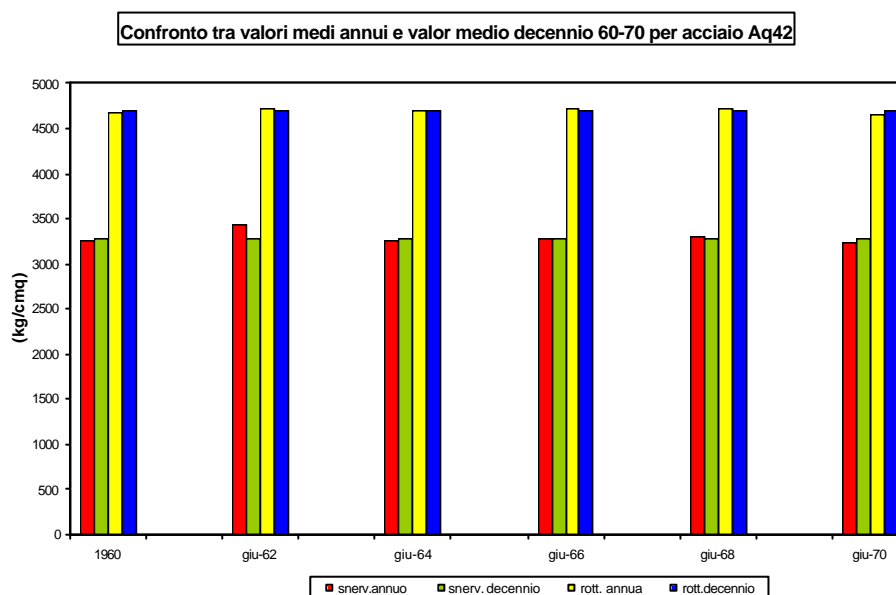


Figura 4 - Confronto tra valori medi annui e valor medio decennio 60-70 per l’acciaio di classe Aq42.

Calcestruzzo

L’obiettivo che ci si è posti è quello di costruire un’attendibile distribuzione di probabilità delle resistenze dei calcestruzzi prodotti ed utilizzati nel ventennio in questione. La raccolta dei dati e la successiva elaborazione statistica sono state eseguite su una popolazione di resistenze aventi in comune il solo dosaggio di cemento, (si considerano solo i cls confezionati a 300 kg/mc), ignorando la variabilità dovuta al titolo in quanto non è stata rilevata una grande variazione dello stesso nelle prove effettuate (da quanto risulta dalle pratiche riguardanti le prove). Dopo aver scelto (in seguito ad un accurato studio statistico effettuato sui risultati delle prove dell’anno 1960) un mese la cui distribuzione aleatoria delle resistenze è rappresentativa dell’intero anno (tale mese è risultato essere quello di giugno) i dati di resistenza a compressione per gli anni successivi vengono ricavati dalle pratiche

inerenti i mesi di Giugno compresi negli anni che vanno dal 1961 al 1970. Sono state esaminate 1160 pratiche dalle quali è stato dedotto un campione di 4955 valori di resistenza a compressione di altrettanti provini di cls. Per quanto concerne la resistenza media, non si registra nessuna particolare monotonia del suo andamento lungo il decennio esaminato, ed il valore medio ad esso relativo è pari a 282kg/cm² di poco superiore ai 270kg/cm² registrati per il 1960.

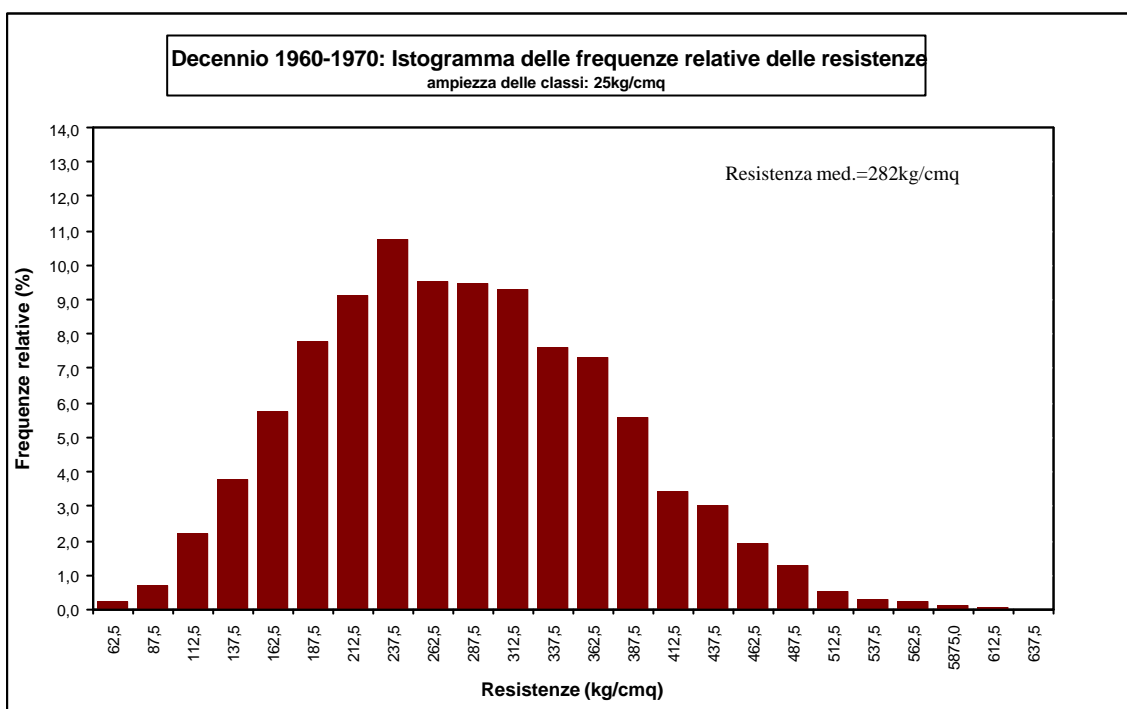


Figura 5 - Istogramma delle frequenze relative delle resistenze; decennio 1960-1970.

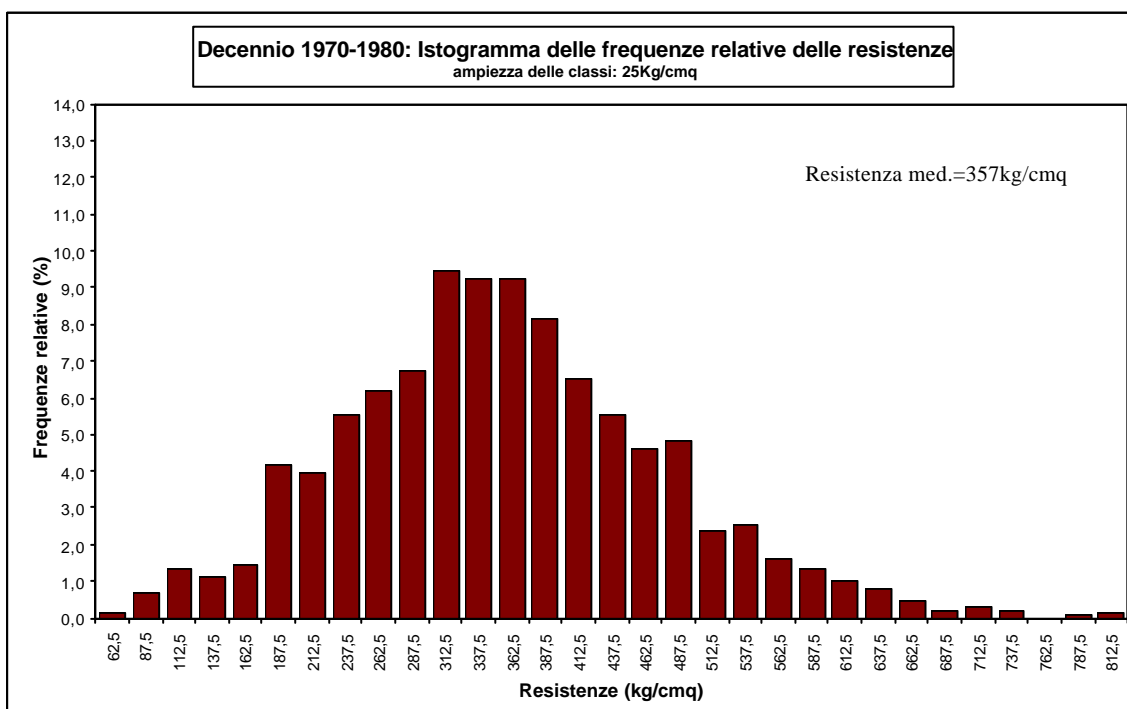


Figura 6 - Istogramma delle frequenze relative delle resistenze; decennio 1970-1980.

Lo stesso tipo di analisi statistica è stata condotta per il decennio 1970-1980, ottenendo una resistenza media pari a 357 kg/cmq. In fig. 5 e fig. 6 sono riportati gli istogrammi delle frequenze di resistenza relativi ai due decenni in questione.

3. Definizione preliminare di modelli per il calcolo strutturale semplificato.

Si è messa a punto una procedura razionale per la valutazione del comportamento sismico degli edifici in cemento armato, soprattutto per la definizione delle priorità di intervento nella riduzione del rischio.

La valutazione della vulnerabilità degli edifici per intere aree urbane può essere eseguita a mezzo di *studi di scenario*. Essi sono basati su studi di dettaglio, e quindi garantiscono una maggiore affidabilità rispetto alla esclusiva *analisi visiva*, ma prevedono l'esecuzione di analisi a vari livelli di approfondimento, consentendo l'esecuzione in tempi ragionevoli di una mappatura di vulnerabilità. Lo studio del singolo edificio previsto dagli studi di scenario può essere di due tipi diversi: *analisi parametrica* che, eseguita su un vasto numero di edifici, analizza il comportamento della struttura in condizioni limite e consente di individuare l'influenza dei principali parametri caratterizzanti l'edificio sulla resistenza della struttura e di dare indicazioni sulla resistenza stessa, *analisi di dettaglio*, da eseguirsi su uno o più edifici rappresentativi statisticamente di un'intera categoria, che analizzano, grazie ad analisi specifiche quali analisi di push-over o analisi dinamica, il comportamento sismico di tali edifici.

Al fine di poter eseguire l'indagine parametrica su vasta scala, e quindi per poter analizzare un gran numero di edifici, è stata messa a punto una procedura di facile utilizzo che consente di eseguire le analisi e di interpretare i risultati in maniera rapida. Con la suddetta procedura viene effettuata, in tempi immediati, la progettazione di tutti gli elementi strutturali di un edificio necessari alle analisi. Tali elementi vengono progettati applicando i riferimenti normativi ed i principi progettuali relativi all'epoca in esame. La resistenza strutturale (intesa come rapporto tra il tagliante alla base ed il peso sismico dell'edificio, ovvero il coefficiente di taglio alla base) viene calcolata in condizioni limite, ipotizzando una crisi per meccanismo di piano al generico piano ed una crisi per meccanismo globale. Naturalmente il meccanismo che prevale è quello che comporta un coefficiente di taglio alla base minimo. L'esecuzione di analisi parametriche al variare dei parametri che influenzano la resistenza strutturale consente di tracciare un fuso all'interno del quale si ha il 50% di probabilità di ritrovare la resistenza reale della struttura rappresentata dall'edificio tipo progettato.

Nell’ambito degli *studi di scenario* necessari per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici per intere aree urbane, si pone la necessità della definizione di uno strumento di analisi speditiva più evoluto rispetto alla esclusiva *analisi visiva* che, sebbene sia tuttora uno dei mezzi di valutazione più diffusi, è comunque molto approssimata ed eccessivamente conservativa e non è in grado di individuare tutti gli edifici a rischio sismico.