

# Analisi degli elementi esposti al rischio sismico<sup>(1)</sup>

BRAMERINI F. (\*), COLOZZA R. (\*), COPPARI S. (\*), MOSCATO M. (\*\*), REBUFFAT M. (\*)

## 1. – L'ANALISI DEGLI ELEMENTI ESPOSTI

Nell'ambito del processo di valutazione del rischio sismico, si intende per esposizione la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici che compongono la realtà territoriale, le cui condizioni e il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti dall'evento sismico.

L'identificazione degli elementi che compongono la realtà territoriale costituisce l'operazione preliminare a qualsiasi valutazione successiva sulla vulnerabilità.

L'analisi di tali elementi implica l'individuazione dei singoli componenti di ciascun elemento e l'elaborazione di un modello<sup>(2)</sup> che ne descriva le caratteristiche fisiche e funzionali, utilizzando parametri, categorie e criteri coerenti con gli obiettivi di valutazione del rischio.

«Se si considera il terremoto come un fenomeno improvviso, la cui manifestazione va al di là di qualsiasi controllo umano e porta perdite economiche all'area colpita, è necessario qualificare gli elementi vulnerabili a rischio o, in altre parole, definire un modello delle perdite della regione in esame. Un modello di perdite dirette si riferisce di solito: ai danni fisici in termini di perdite umane e numero

di persone ferite, alle infrastrutture locali (...), ad edifici di abitazione e ad altre strutture o a qualsiasi altra proprietà o bene materiale (...) che sia stato perso o danneggiato durante o subito dopo l'evento sismico.

Oltre ai danni fisici e ai disordini funzionali che un evento fisico causa, ci sono anche categorie di effetti indiretti che possono venire genericamente classificati come danni economici e sociali.

Classi di perdite economiche indirette tipiche sono il ristagno delle attività industriali, il calo della produzione industriale e delle entrate della regione e le spese extra che si devono sostenere per una riabilitazione immediata dell'area colpita. Classi di tipici danni sociali sono l'interruzione dei trasporti e dei sistemi di fornitura di acqua e di energia elettrica, la diminuzione dei servizi civili e di informazione e la reputazione sfavorevole delle aree lesionate (...)» (GAVRILOVIC, 1984).

Altra condizione preliminare per l'analisi dell'esposizione è rappresentata dalla definizione della scala di indagine, al fine di determinare:

- la tipologia dei dati da elaborare;
- le metodologie di analisi da applicare.

(\*) Servizio sismico Nazionale, Roma.

(\*\*) Ministero dei Lavori Pubblici, Roma.

(1) Alla predisposizione delle basi informative hanno collaborato Antonio COLELLA e Fabrizio SPADONI (CED Ministero dei lavori pubblici), Giuseppe CAPONE, Renzo FAGIOLI, Maria Adelaide GORI, Maria Celeste LO CASCIO, Maurizio MATTONE, Paolo PUCETTI, Maria Luisa QUACECI e Alberto SABATINI (Servizio Sismico Nazionale). La cartografia di base è stata elaborata in collaborazione con l'Ufficio Speciale per gli interventi sul Centro Storico del Comune di Roma: Alessandra MONTENERO (responsabile), Visenta IANNICELLI (coordinamento con il Piano quadro del centro storico del Comune di Roma), Eugenio BALDARI e Omero NOCI (referenti per l'area informatica).

(2) Si definiscono modelli «(...) quelle rappresentazioni della realtà passata, attuale, futura o ipotetica in cui gli elementi della rappresentazione corrispondono in modo definito alle entità reali, o ipotizzate tali, ritenute necessarie e sufficienti per individuare quella realtà, e in cui le relazioni fra gli elementi rappresentativi corrispondono, pure in modo definito, alle relazioni reali, necessarie e sufficienti, tra le entità di cui sopra.» (SEGRE, 1974). E ancora «Un modello è una rappresentazione limitata ad alcuni aspetti di una realtà complessa, ottenuta mediante la descrizione delle relazioni che intercorrono tra le grandezze rilevanti per il particolare problema esaminato» (ORLANDI, 1991).

È evidente che in funzione del contesto e della scala territoriale a cui si fa riferimento (scala urbana, regionale o nazionale) e quindi dei diversi obiettivi direttamente legati a tali scale, vi saranno delle sensibili differenziazioni, non solo nei dati da utilizzare per procedere all'analisi della stessa categoria di elementi, ma anche nel prendere in considerazione specifiche categorie proprie solo di alcune scale.

Un primo riferimento generale, a carattere non sistematico, per la definizione di uno schema sugli elementi esposti viene descritto nei seguenti documenti e atti normativi in campo nazionale.

1) 1981 – Ufficio del Ministero per il Coordinamento della ricerca scientifica e tecnologica. Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni nelle zone sismiche - Commissione per la costruzione delle zone terremotate D.M. 23.12.1980, nel quale vengono elencati:

- ospedali
- centrali elettriche
- stazioni di polizia
- stazioni di vigili del fuoco
- centri di telecomunicazione
- ecc.

2) D.M. 19.6.1984<sup>(3)</sup> – Norme tecniche sulle costruzioni sismiche. Circolare Ministero dei lavori pubblici n° 25882 del 5.3.1985, nella quale si individuano gli «edifici che al verificarsi di eventi catastrofici assumono, nel primo periodo di emergenza particolare importanza strategica e per i quali, anche se parzialmente danneggiati, è richiesta una continuità funzionale»:

- prefetture
- caserme vigili del fuoco
- caserme Forza pubblica e Forze armate
- sedi comunali
- ospedali e cliniche
- edifici necessari per le comunicazioni radio e telefoniche.

Un secondo elenco di «opere che per la loro destinazione possono dar luogo a situazioni di particolare rischio e pericolosità» è costituito da:

- scuole
- chiese aperte al culto
- sale di spettacolo e di riunione

- fabbricati annessi agli impianti sportivi
- stazioni autoferrotranviarie
- aerostazioni

3) 1984 – Proposta di revisione delle norme sismiche italiane del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, (elaborata sulla base dell'Eurocodice n. 8) nella quale vengono elencati due gruppi di opere.

a) le opere per le quali è necessario mantenere la piena funzionalità:

- ospedali
- caserme vigili del fuoco
- centrali elettriche
- centrali operative

b) le opere potenzialmente pericolose per il maggior numero di persone esposte al rischio:

- edifici scolastici
- edifici pubblici
- caserme
- sale di riunione
- sale di spettacolo
- luoghi di culto
- grandi magazzini
- banche
- uffici con accesso al pubblico

Tali documenti, emanati con intenti diversi, non rendono un quadro sistematico degli elementi esposti, quanto piuttosto individuano un elenco di edifici in cui si svolgono attività prevalentemente pubbliche o a carattere strategico in fase di emergenza, a cui attribuire dei coefficienti di importanza. In altri termini si individuano solo alcune attrezzature d'uso collettivo, caratterizzate da modalità, intensità e frequenza d'uso e dal ruolo strategico.

Fra i numerosi studi esistenti in cui si cerca invece di sistematizzare i beni esposti è interessante ricordare quello elaborato dall'USGS e diretto da R.D. Borchardt (1975) allo scopo di valutare il rischio sismico nell'area della Baia di San Francisco e le politiche territoriali per la sua riduzione. In tale studio vengono combinate le carte di zonazione sismica con le caratteristiche del territorio legate alle

<sup>(3)</sup> Il DM 19.6.1984 è stato abrogato con successivo DM 24.1.86, che però non modifica il paragrafo B.4.2.

attività umane, costruendo un inventario delle situazioni a rischio:

1. Uso del suolo
2. Strutture ad alta intensità d'uso
3. Strutture a rischio
4. Reti
5. Servizi legati all'emergenza
6. Altri servizi critici

Due differenti indagini condotte in campo nazionale, in tempi recenti, sulla base di alcune classificazioni degli elementi, arrivano ad individuare i singoli dati più rappresentativi per poi procedere a valutazioni di sintesi.

La prima prende in considerazione un'intera regione, la Toscana, ed è sviluppata dal Dipartimento di pianificazione territoriale ed urbanistica dell'Università di Roma. Vengono individuati quattro livelli di «valutazione dell'esposizione» con rispettive sub-articolazioni (CALDARETTI, 1990):

- 1 - *Esposizione per presenza di risorse umane:*
  - 1.1 - Esposizione per popolazione residente.
  - 1.2 - Esposizione per addetti.
  - 1.3 - Esposizione per popolazione studentesca (media superiore).
  - 1.4 - Esposizione per degenti ospedalieri.
  - 1.5 - Esposizione per presenze turistiche.
  - 1.6 - Esposizione complessiva per risorse umane.
- 2 - *Esposizione per ruoli funzionali:*
  - 2.1 - Esposizione per ruolo funzionale produttivo.
  - 2.2 - Esposizione per ruolo funzionale sanitario.
  - 2.3 - Esposizione per ruolo sanitario scolastico.
  - 2.4 - Esposizione per ruolo funzionale del tempo libero.
- 3 - *Esposizione per ruoli territoriali:*
  - 3.1 - Esposizione per ruolo territoriale connesso al lavoro.
  - 3.2 - Esposizione per ruolo territoriale connesso allo studio.
  - 3.3 - Esposizione per ruolo territoriale connesso al commercio.
- 4 - *Esposizione delle infrastrutture:*
  - 4.1 - Infrastrutture viarie.
  - 4.2 - Infrastrutture energetiche.
  - 4.3 - Infrastrutture idriche.

La seconda indagine prende in considerazione la scala urbana; è realizzata dal Dipartimento di Scienze ambientali e territoriali dell'Università di Reggio Calabria ed articola l'analisi dell'esposizione in quattro sezioni (FERA, 1991):

- 1 - *La popolazione*
  - 1.2 - Popolazione residente e presente.
  - 1.3 - Popolazioni per particolari classi di età e condizioni di rischio.

- 1.4 - Popolazione attiva nei diversi rami e settori.
- 1.5 - Popolazione studentesca di ogni ordine e grado.
- 1.6 - Popolazione a rischio per condizione sociale.
- 1.7 - Degenti negli ospedali e nelle case di cura, inabili.

## 2 - I sistemi spaziali

- 2.1 - La residenza.
  - 2.1.1 - Distribuzione e consistenza del patrimonio edilizio residenziale.
  - 2.1.2 - Abitazioni occupate e non occupate; seconde case.
  - 2.1.3 - Distribuzione secondo il titolo di godimento.
  - 2.1.4 - Distribuzione e densità territoriale della popolazione residente.
- 2.2 - La produzione.
  - 2.2.1 - Aree ad elevata concentrazione di attività produttive industriali; edifici industriali con più di 200 addetti.
  - 2.2.2 - Distribuzione e localizzazione dei principali edifici pubblici e relativo numero di addetti.
  - 2.2.3 - Distribuzione e localizzazione delle aree ad elevata concentrazione di attività terziarie e commerciali.
- 2.3 - L'istruzione.
  - 2.3.1 - Edifici scolastici di ogni ordine e grado e relativo numero degli studenti.
  - 2.3.2 - Localizzazione e presenze giornaliere nelle strutture universitarie.
- 2.4 - Il sistema sanitario.
  - 2.4.1 - Distribuzione delle strutture sanitarie e loro caratteristiche: ospedali generali, centri specializzati, ambulatori; numero dei posti letto, reparti, degenti ed occupati.
  - 2.4.2 - Bacini di utenza delle strutture sanitarie principali.
- 2.5 - Il sistema delle coabitazioni collettive.
  - 2.5.1 - Caserme e relativo numero di militari.
  - 2.5.2 - Convitti, collegi, istituti religiosi, etc.
  - 2.5.3 - Carceri.
- 2.6 - Il sistema ricettivo e del tempo libero.
  - 2.6.1 - Strutture ricettive e presenze mensili (stima delle medie).
  - 2.6.2 - Edifici pubblici legati al tempo libero: stadi, teatri, etc.; periodi ed entità degli affollamenti.
- 2.7 - Sintesi.
  - 2.7.1 - Caratteristiche e livelli di esposizione complessiva delle diverse aree.

## 3 - Il sistema dei trasporti

- 3.1 - Il sistema stradale.
  - 3.1.1 - Tipologia e caratteristiche delle diverse arterie.
  - 3.1.2 - Individuazione e localizzazione dei principali nodi di traffico.
  - 3.1.3 - Elementi a rischio: ponti, viadotti, tunnel.

- 3.1.4 - Entità dei flussi di traffico nelle principali vie e nodi.
- 3.1.5 - Indici e motorizzazione per le diverse aree della città.
- 3.2 - Il sistema ferroviario e portuale.
- 3.2.1 - Tracciati e caratteristiche delle linee ferrate.
- 3.2.2 - Elementi a rischio: ponti, viadotti, attracchi.
- 3.2.3 - Esposizioni degli elementi puntuali: stazioni ferroviarie e marittime.
- 3.2.4 - Flussi di traffico di mezzi, passeggeri e merci.
- 4 - *Il sistema delle lifelines*
- 4.1 - La rete elettrica.
- 4.1.1 - Configurazione generale del sistema.
- 4.1.2 - Tracciati e localizzazione delle linee principali e loro caratteristiche.
- 4.1.3 - Elementi critici puntuali: centrali di produzione, sottostazioni.
- 4.1.4 - Quantità erogate.
- 4.2 - La rete del gas e degli oleodotti.
- 4.2.1 - Configurazione generale.
- 4.2.2 - Localizzazione dei tracciati principali.
- 4.2.3 - Elementi critici puntuali: stazioni di pompaggio, depositi, serbatoi.
- 4.2.4 - Quantità erogate.
- 4.3 - La rete idrica.
- 4.3.1 - Localizzazione dei tracciati delle vie principali.
- 4.3.2 - Elementi critici puntuali: invasi, serbatoi, impianti di sollevamento o pompaggio.
- 4.3.3 - Riserve e quantità erogate.
- 4.4 - Lo smaltimento dei rifiuti.
- 4.4.1 - Localizzazione dei tracciati delle principali reti fognanti.
- 4.4.2 - Elementi puntuali a rischio: impianti di sollevamento, depuratori.
- 4.4.3 - Inceneritori, depositi di sostanze tossiche.

4.5 - Le comunicazioni.

4.5.1 - Linee e centraline telefoniche.

4.5.2 - Numero delle chiamate.

4.5.3 - Centrali di trasmissione radio televisive.

Un'altra applicazione, in campo nazionale, è quella della Garfagnana (REGIONE TOSCANA, 1989; FERRINI, 1988), poi riproposta in Emilia Romagna (FERRINI & PETRINI, 1993), in cui viene delineata una schematizzazione degli elementi esposti (fig. 9) e dei rispettivi parametri descrittivi.

In questa ultima applicazione viene anche definito un indice di esposizione riferito all'insieme degli edifici pubblici (fig. 10).

Tale indice viene concepito come un fattore correttivo del valore del danno atteso, ed è composto da un indice di funzione  $I_f$ , costruito in base a considerazioni qualitative sulle funzioni esercitate all'interno dei diversi edifici e da un indice di utenza  $I_u$ , che tiene conto di dati quantitativi sulla densità di utenti e operatori presenti negli stessi edifici<sup>(4)</sup>.

Infine risulta utile il confronto con le analisi sulle funzioni espletate in edifici, predisposta negli Stati Uniti al fine di quantificare le perdite economiche (ATC-13, 1985) anche se calata in un contesto sociale ed economico completamente diverso da quello italiano (si noti ad esempio la collocazione dei servizi sanitari e la sinteticità descrittiva dei servizi governativi)<sup>(5)</sup>.

Le tassonomie fino ad ora proposte, e a queste se ne potrebbero aggiungere altre, sono tutte finalizzate a determinare, nel modo più approfondito

(4) Sugli indici di esposizione riferiti alla sola presenza umana cfr. anche CER, 1988a e 1988b.

(5)

A. RESIDENTIAL Permanent Dwelling	House and Condominium Apartment Mobile Home	Parking Heavy Fabrication & Assembly; Light Fabrication & Assembly; Food & Drug Processing;	Garages Factories
Temporary Lodging Group Institutional	Hotels; Motels Dormitories Convalescent Hospitals	Chemicals Processing; Metals & Minerals Processing and High Technology Construction	Offices Farm Building Mine Building Churches
B. COMMERCIAL Retail Trade Wholesale Trade Personal & Repair Services Professional, Technical & Business Services Health Care Service	Stores Warehouses Service Stations; Shops Offices  Hospitals Medical Offices; Clinics Restaurants; Bars Theaters	MINING RELIGION & NONPROFIT GOVERNMENT General Services Emergency Response Services EDUCATION	Offices Police; Fire Station Schools Colleges; Universities
Entertainment and Recreation		MISCELLANEOUS	Other Building

tutti gli elementi che devono essere analizzati dal punto di vista della vulnerabilità.

Il procedimento adottato è quello della scomposizione analitica e dell'esame delle singole componenti, quindi si procede all'analisi di vulnerabilità e alla ricomposizione in termini di rischio complessivo.

Un altro approccio, mediato dagli studi finalizzati alla comprensione di alcuni fenomeni urbani è quello derivato dall'approccio sistemico del territorio, utilizzato per la ridefinizione dei processi di pianificazione (CATANESE & STEISS, 1968; CHADWICK, 1966; Mc LOUGHLIN, 1969). Le fasi previste nel processo di pianificazione sistemico partono dalla definizione del sistema e dalla «(...) individuazione delle variabili da considerare importanti per la comprensione della struttura e del comportamento del sistema stesso. Questa fase può essere vista come un processo di costruzione di un modello del sistema e cioè un tentativo di ridurre la sua complessità ad un livello che possa essere trattato e compreso. La definizione del problema consiste in una valutazione del comportamento del sistema in relazione agli obiettivi (...)» (LEE, 1974).

Tale approccio implica l'analisi della città non come semplice sommatoria di singoli elementi vulnerabili, ma come aggregato di diversi sistemi complessi, in relazione fra loro e caratterizzati da ulteriori complesse relazioni al loro interno.

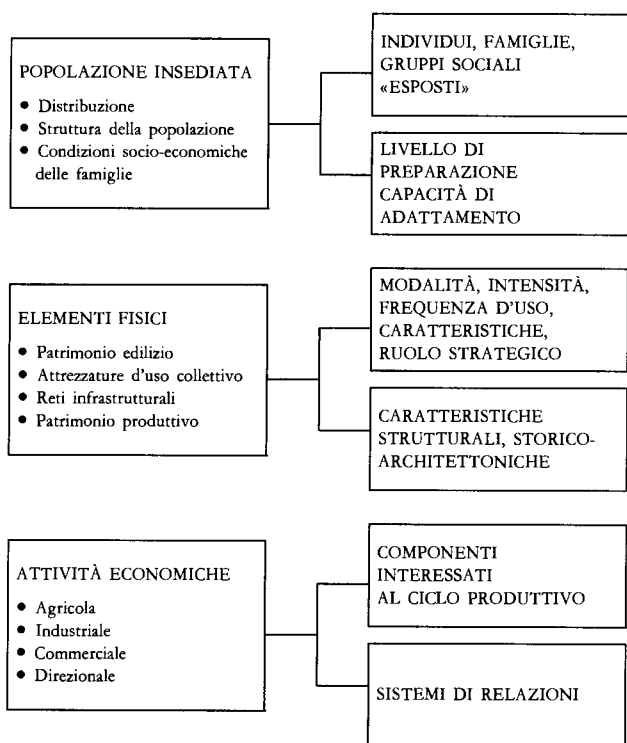


Fig. 9 - Comunità esposta al rischio (REGIONE TOSCANA, 1989).

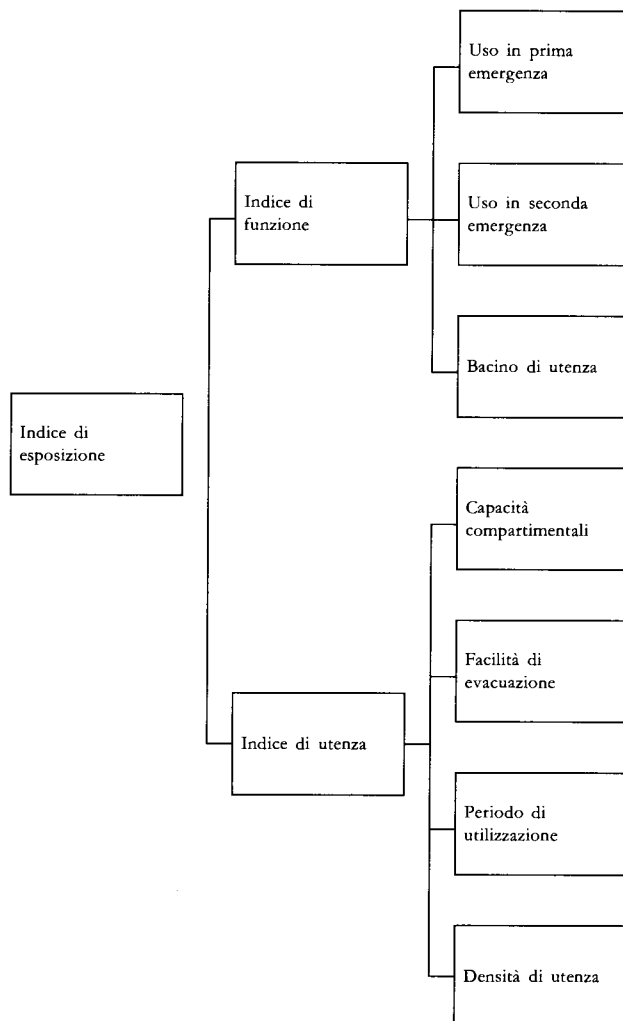


Fig. 10 - Indice di esposizione (REGIONE TOSCANA, 1989).

In questo senso è stato introdotto il concetto di vulnerabilità urbana e sono state proposte da vari autori alcune liste di variabili utilizzabili (CLEMENTI, 1981; WOLFE & HEIKKALA, 1981; BANERJEE, 1981)<sup>(6)</sup>.

L'analisi delle suddette classificazioni e dei diversi approcci metodologici, aiuta ad individuare un primo percorso metodologico da seguire per l'analisi di un sistema e dei suoi indicatori di vulnerabilità.

Tale percorso può essere così schematizzato:

1. Analisi delle funzioni del sistema.
2. Analisi dell'efficienza del sistema.
3. Identificazione dei ruoli e delle gerarchie.
4. Individuazione degli elementi fisici vulnerabili.
5. Individuazione delle relazioni con le attività del sistema.

6. Valutazione delle conseguenze per interruzione o rallentamento di funzione.
7. Valutazione della relazione fra danneggiamento di elementi fisici e funzionalità.
8. Valutazione della insostituibilità della funzione.
9. Valutazione della perdita di efficienza.

È evidente che tale percorso è estremamente complesso, tanto più nel momento in cui diversi sistemi interagiscono.

In questa prima fase, per il centro storico di Roma, ci si è limitati alla selezione di alcuni dei più significativi elementi esposti al rischio sismico, cercando di individuare le fonti informative utili a tale scopo. Proprio in questa attività di reperimento dei dati e di localizzazione nel territorio, ci si è resi conto delle difficoltà esistenti dovute alla estrema disomogeneità delle informazioni di base e alla complessità dei singoli temi affrontati.

Pertanto, a parte alcune specifiche indagini esistenti, che opportunamente elaborate hanno consentito di arrivare a valutazioni specifiche (vulnerabilità e rischio di danneggiamento degli edifici residenziali), per molti altri beni ci si è limitati alla raccolta e alla sistematizzazione dei dati. È stata così realizzata una prima base conoscitiva sul centro storico di Roma in cui si sono organizzati i dati disponibili sulla popolazione, le abitazioni, gli edifici pubblici e i sistemi a rete.

## 2. - LA PREDISPOSIZIONE DELLE BASI INFORMATIVE

La necessità di analizzare i singoli elementi fisici che concorrono alla definizione di un sistema complesso come una città, ha determinato la scelta di una base cartografica di dettaglio in formato vettoriale, tale da consentire l'immediato sviluppo delle basi informative specifiche per la valutazione della esposizione e della vulnerabilità sismica.

La caratteristica fondamentale di tale base cartografica doveva essere la riconoscibilità delle singole unità edilizie, per potervi attribuire le informazioni relative alle caratteristiche proprie dell'edificio e a quelle relative all'uso e alle funzioni ad esso legate. Sono pertanto stati indagati quegli Enti che hanno competenze o attività legate al territorio oggetto di studio (Enel, Acea, Sip, Italgas, Regione Lazio, Provincia di Roma, Comune di Roma). Da questa prima indagine è risultato che solo alcuni degli Enti in questione hanno una base cartografica in un proprio sistema informativo territoriale (Enel, Sip, Comune di Roma). Le basi dati esaminate sono estremamente disomogenee, sia per scala di rappresentazione (scala utilizzata per l'inserimento) sia per livello di definizione.

Inoltre l'analisi di queste basi cartografiche ha portato a dover considerare anche le difficoltà e i tempi connessi al trasferimento da un sistema ad un altro.

Per livello di definizione la base dati più corrispondente alle esigenze specifiche del progetto è risultata quella del Comune di Roma presso l'Ufficio speciale per il piano regolatore, costituita dai fogli catastali dell'intero territorio comunale. Anche se, essendo una base catastale, vi sarebbero stati tutti i problemi conseguenti per la sua georeferenziazione in un altro sistema al fine di sovrapporvi altri tematismi. In ogni caso al momento dell'avvio del progetto, tale cartografia era ancora in fase di collaudo e pertanto non ancora disponibile. Inoltre, per l'acquisizione di tale base dati, si sarebbe dovuto procedere alla realizzazione di un apposito programma per il trasferimento in altro sistema. Pertanto si è optato per la base catastale del solo centro storico presente presso l'Ufficio speciale per gli interventi sul centro storico (USICS).

Le altre basi dati non avevano un dettaglio tale per poter attribuire informazioni ai singoli edifici. Infatti la base Enel è costituita dalla rappresentazione simbolica delle strade e pertanto compaiono

(6) Clementi (CLEMENTI, 1981) definisce queste variabili in relazione a un sistema di servizio o a una situazione contestuale. Nel caso di un sistema di servizi le variabili sono: 1 - Geomorphological structure of the network: tree, ring or link type; 2 - Density; 3 - Technologies and building techniques 4 - Residual capacity of the services under normal load condition.

Nel caso di una situazione contestuale le variabili da considerare sono: 1 - Size of the settlement area (city, metropolis, medium-size center, small town); 2 - Functional characteristics: residential, industrial, tertiary; 3 - Scale of area under survey: entire settlement or only selected components; 4 - Age and development level of the settlement; 5 - Structural model: compact, nuclear, horizontal; 6 - Densities and features of land use: high, low residential; 7 - Dynamics of land use system; 8 - Predominant age of building typologies and their preservation degree.

Wolfé (WOLFE & HEIKKALA, 1981) invece suggerisce le seguenti variabili: 1 - Age and pace; 2 - Technology; 3 - Morphology; 4 - Land use density and intensity; 5 - Nodes of activity; 6 - Accessibility system.

Banerjee (BANERJEE, 1981) invece suggerisce una differente elencazione delle variabili di vulnerabilità che sono: 1 - Sistem redundancy; 2 - Restorability; 3 - Service ability and evacuation potential; 4 - Hazard potential; 5 - Trauma potential; 6 - Occupancy; 7 - Coping ability; 8 - Critical residents.

gli isolati, più che gli edifici. Inoltre, allontanandosi dalla parte centrale della città, si perde completamente traccia degli elementi costruiti all'interno di lotti più ampi. Anche nel caso della base dati SIP si è rilevata l'impossibilità di attribuzione di dati ai singoli edifici, oltre la necessità di sviluppare un opportuno programma per il trasferimento.

La base dati dell'USICS, è costituita dai fogli catastali (scala 1:1.000) digitalizzati e georeferenziati sulla base dell'aerofotogrammetrico (40 punti di controllo per foglio) per l'intero centro storico del Comune di Roma (MALTESE & TINACCI, 1991). Per il trasferimento sono stati utilizzati comandi di esportazione e importazione già esistenti all'interno del software di gestione di provenienza e di quello di destinazione.

La base dati di origine è costituita solo da archi non ancora connessi in nodi. Pertanto è stato necessario:

- connettere tutti gli archi;
- creare la topologia per tutti gli elementi presenti;
- generare le aree con assegnazione di codice univoco.

Nelle operazioni di generazione delle aree non è stato possibile differenziare inizialmente le aree edificate da quelle non edificate, poiché la codifica preesistente, in alcuni casi non diversificava i tipi di linea. Solo con l'attribuzione successiva della tipologia edilizia ai singoli edifici è stato possibile effettuare tale differenziazione. Quindi è stato possibile procedere all'attribuzione delle informazioni provenienti da altre basi dati cartografiche esistenti su supporto cartaceo.

In particolare sono stati inseriti i dati relativi alle tipologie edilizie rilevate dalla C.L.E.R. tra il 1978 e il 1980 per conto del Comune di Roma (CLER, 1986).

Le fonti di origine di tale mappa sono costituite da:

- le piante storiche della città;
- i rilievi storici attuali;
- le notizie storiche su edifici;
- l'indagine diretta.

Allo stato attuale, di tale mappa esistono soltanto gli originali, in stato di avanzato degrado, una riproduzione fotografica a scala ridotta e dei trasparenti con le sole informazioni relative al numero dei piani.

Le informazioni attribuite alle singole unità edilizie provenienti dalla mappa sono:

- categorie edilizie
- numero minimo di piani al 1824
- numero massimo di piani al 1824
- numero minimo di piani al 1922
- numero massimo di piani al 1922
- piani sopraelevati

Per le categorie edilizie è stata utilizzata la codifica riportata nello schema 1. (7)

Per quanto riguarda il numero dei piani, si è dovuto ricorrere ad un doppio numero (un minimo ed un massimo) per ogni unità edilizia, poiché all'interno della mappa venivano riportate varie altezze in diversi punti della stessa unità edilizia rilevata. Infine si è provveduto ad opportuni rilevamenti in loco per una parte dell'edilizia postunitaria di cui non era riportato il numero dei piani.

Inoltre, al fine di poter riferire i dati sulla popolazione e sulle abitazioni rilevati dall'Istat è stata predisposta la carta delle sezioni di censimento. I dati di origine provengono da un inserimento effettuato da parte dell'Ufficio speciale per il piano regolatore.

Sono state effettuate le seguenti operazioni per poterla utilizzare nello stesso sistema informativo della base catastale:

- predisposizione di un programma per il trasferimento in un diverso sistema dei dati di origine;
- selezione dei fogli di interesse per il centro storico (la base dati è suddivisa in 64 fogli per l'intero comune di Roma);
- eliminazione delle linee di margine (ciascun foglio presentava le linee di margine, senza differenziazione di codifica);
- aggancio degli archi appesi e chiusura delle aree;
- inserimento dei codici di identificazione mancanti delle sezioni di censimento, eliminazione dei codici doppi;
- generazione delle aree, creazione della tabella delle aree;
- caricamento dei dati alfanumerici riferiti alle sezioni di censimento;
- integrazione e collegamento dei dati alfanumerici con la base dati cartografica.

(7) Per la definizione completa cfr. CLER, 1986.

## 3. – POPOLAZIONE

Analizzare la presenza umana in un determinato contesto territoriale significa considerare la quantità di popolazione presente in un dato luogo e in un determinato momento. Tale definizione, a seconda dell'ambito territoriale che si considera, può richiedere anche approssimazioni riferite alle ore del giorno.

Un ulteriore elemento utile per quantificare la presenza umana è l'attività legata agli elementi fisici. Infatti non potendo avere il quadro effettivo in un dato momento temporale della presenza umana in un determinato luogo (a meno di un caso specifico di cui si dirà più avanti), si deve ricorrere a degli indicatori indiretti. L'attività umana è legata a degli oggetti fisici e a dei luoghi, e questi, una volta

SCHEMA 1

CODIFICA	CATEGORIA EDILIZIA	DESCRIZIONE
11	A1	<i>Manufatti edificati anteriormente al 1824</i> funzione originaria: residenza dimensione: piccola/media tipo edilizio: case a schiera, case in linea '600/'700, case in linea '800
12	A2	funzione originaria: residenza dimensione: piccola/media tipo edilizio: casa signorile o borghese del '400 '500, '600
13	A3	funzione originaria: residenza nobiliare dimensione: medio grande tipo edilizio: palazzo, palazzetto
14	A4	funzione originaria: residenza nobiliare dimensione: grande tipo edilizio: palazzo nobiliare e villa
15	A5	funzione originaria: attrezzatura (istruzione, cultura, uffici, amministrazione, residenza collettiva) dimensione: variabile tipo edilizio: accademie, scuole, teatri, uffici governativi e amministrativi, istituti, tribunali, collegi, oratori, alberghi, ospizi, ospedali, carceri.
16	A6	Edifici non definibili tipologicamente
40	A7	Edifici per il culto
21	B1	<i>Manufatti edificati tra il 1824 e il 1922</i> funzione originaria: residenza dimensione: piccola, media e grande tipo edilizio: case in linea di trasformazione ottocentesca
22	B2	funzione originaria: residenza dimensione: media tipo edilizio: villino, palazzina
23	B3	funzione originaria: mista residenza, non residenza dimensione: medio grande tipo edilizio: blocco ottocentesco
24	B4	funzione originaria: attrezzatura (istruzione, cultura, uffici, amministrazione, residenza collettiva, servizi anonari) dimensione: medio grande tipo edilizio: scuole, teatri, uffici governativi e amministrativi, alberghi, ministeri, edifici anonari.
25	B5	Edifici non definibili tipologicamente
40	B6	Edifici per il culto
31	C1	<i>Manufatti edificati dal 1922 ad oggi</i> funzione originaria: residenza dimensione: piccola media tipo edilizio: case in linea
32	C2	funzione originaria: residenza dimensione: media tipo edilizio: villino, palazzina
33	C3	funzione originaria: mista residenza, non residenza dimensione: medio grande tipo edilizio: blocco
34	C4	funzione originaria: attrezzatura (direzionali, commerciali, di servizio) dimensione: medio grande tipo edilizio: uffici pubblici, privati e scuole.
35	C5	Edifici non definibili tipologicamente
40	C6	Edifici per il culto
99		non classificato



definiti per il loro uso, possono fornire indirettamente informazioni sulla localizzazione nel territorio della popolazione.

Il dato ufficiale sulla popolazione presente in Italia in un determinato momento temporale è quello rilevato attraverso il censimento decennale dell'Istat. Nel rilevamento viene definito il giorno e l'ora in cui viene fotografata la presenza umana sul territorio. Questo è l'unico dato rilevato indipendentemente dall'analisi delle attività umane o da stime sulla mobilità.

L'altro dato ufficiale è invece relativo alla popolazione residente, (rilevamento da censimento Istat, o dato anagrafico) che dilata l'arco temporale di riferimento sulla presenza umana. Non è significativo in termini di presenza riferiti all'ora, giorno, mese, stagione, ma solo all'anno ed anche in questo caso con una certa approssimazione.

Per un'analisi sulla distribuzione della popolazione nell'ambito urbano considerato, sono stati utilizzati i dati riferiti alle sezioni censuarie del rilevamento effettuato dall'Istat nel 1981 (non essendo ancora disponibili i dati del 1991).

La scelta di una scala di dettaglio è stata condizionata in parte dalla considerazione di approfondire le possibili valutazioni sulla esposizione della popolazione a partire dai dati riferiti alle sezioni censuarie, e in parte dal livello di approfondimento condotto sulla vulnerabilità del patrimonio edilizio.

Una volta predisposta la base cartografica sulle sezioni di censimento, organizzata in un sistema informativo geografico, sono stati inseriti gran parte dei dati del censimento Istat del 1981. Oltre ai dati sulla popolazione residente (fig. 11) e sulla popolazione presente (fig. 12), è stato possibile elaborare ulteriori variabili e indicatori.

In particolare sono stati analizzati:

- la densità abitativa (fig. 13);
- la densità abitativa della popolazione in fasce di età a rischio (fig. 14).

Una prima considerazione riguarda la comparazione fra la distribuzione della popolazione residente e la popolazione presente al 1981: non si notano evidenti diversità nella distribuzione. Le sezioni censuarie in cui vi è maggiore popolazione residente vedono anche la maggiore concentrazione della popolazione presente, raddoppiando i numeri in cifre assolute. Le maggiori concentrazioni si rilevano nelle sezioni dell'Esquilino, delle zone limitrofe alla stazione, del Celio, di Testaccio, di Trastevere e del Gianicolo. La lettura della densità abitativa riequilibra le distorsioni dovute all'eccessiva estensione

di alcune sezioni censuarie, confermando la vocazione prevalentemente residenziale dell'Esquilino e di Testaccio. Alte densità (oltre 300 persone per ettaro) si rilevano anche a Borgo e nell'ansa del Tevere. La densità abitativa media per l'intero centro storico è di 186,1 abitanti per ettaro con punte di oltre i 600 abitanti per ettaro intorno a piazza Vittorio e a Testaccio.

Una elaborazione particolare è rappresentata dalla distribuzione della popolazione in fasce d'età a rischio. Con questa definizione ci si riferisce a quella popolazione che per età può essere considerata maggiormente esposta per comportamento e mobilità fisica. È stata selezionata la popolazione con età inferiore a 15 anni e superiore a 65 ed è stata calcolata la densità per ettaro. Le maggiori concentrazioni della popolazione in tali fasce a rischio si rilevano proprio nelle zone con maggiore densità abitativa. Infine va rilevato che la componente della popolazione anziana è preponderante rispetto a quella della popolazione giovanile.

#### 4. - GLI ELEMENTI FISICI

L'individuazione degli elementi fisici esposti nel centro storico di Roma ha preso in considerazione due diverse tipologie di dati. La prima tipologia è costituita dai dati riferiti ad aree (rilevamenti Istat per sezioni censuarie), la seconda tipologia è costituita dai dati riferibili ad elementi puntuali (edifici).

Per quanto riguarda le abitazioni, sono stati analizzati i dati delle sezioni censuarie riferiti al 1981, anche se sono state condotte analisi sulla vulnerabilità degli edifici con un maggior dettaglio (vedi paragrafo 4), utilizzando i dati esistenti sulla tipologia strutturale di alcune categorie edilizie, è sembrato comunque opportuno riportare questi dati, nel duplice intento i restituire un quadro omogeneo per epoca di costruzione del patrimonio abitativo e di analizzare il reale utilizzo a fini residenziali.

A tal fine sono state utilizzati i seguenti indicatori:

- abitazioni totali (fig. 15);
- incidenza percentuale delle abitazioni occupate sul totale delle abitazioni (fig. 16);
- incidenza percentuale delle abitazioni non occupate sul totale delle abitazioni (fig. 17);
- indice di affollamento (fig. 18);
- incidenza percentuale delle abitazioni costruite prima del 1919 sul totale delle abitazioni al 1981 (fig. 19);

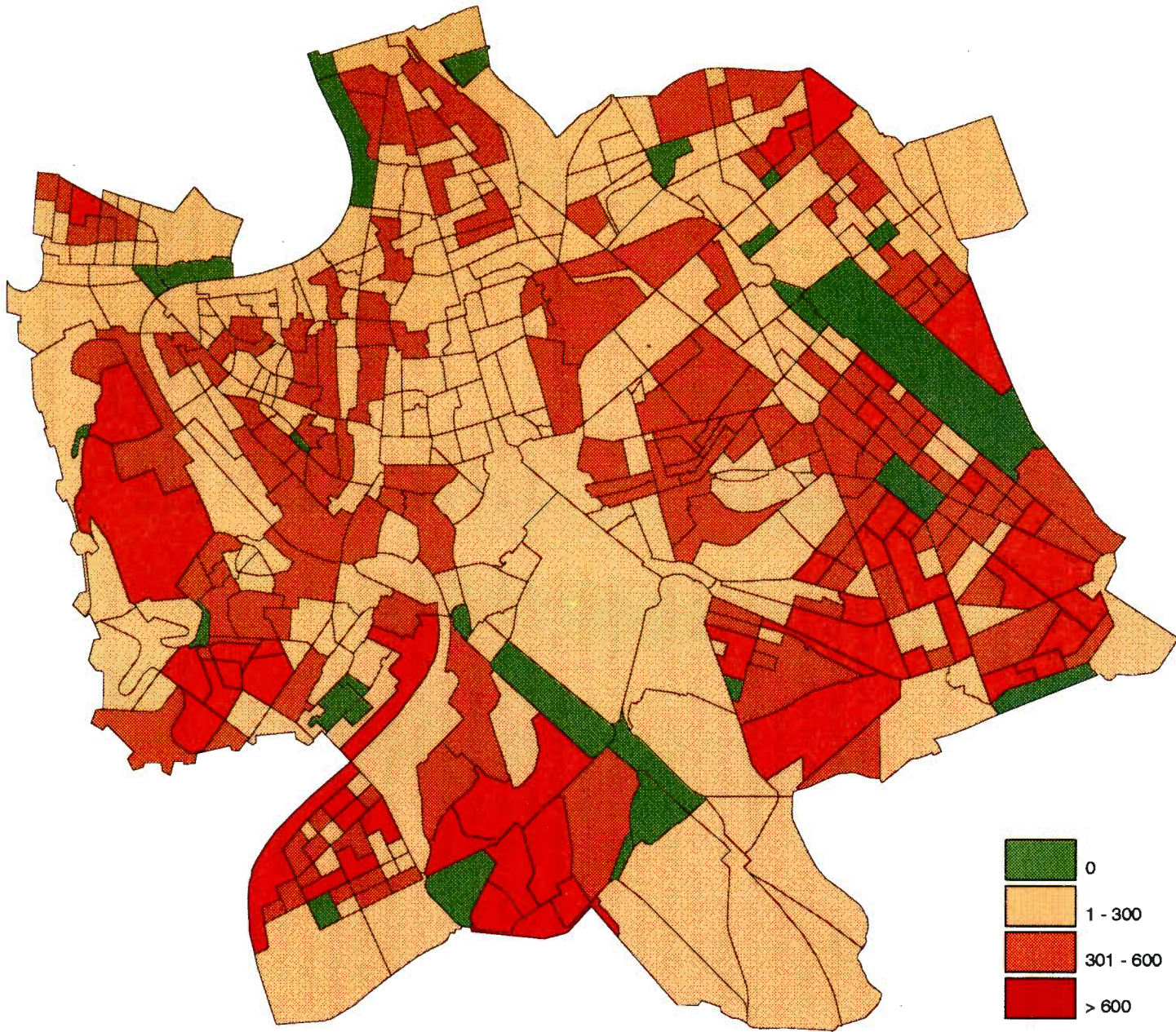


Fig. 11 - Popolazione residente al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

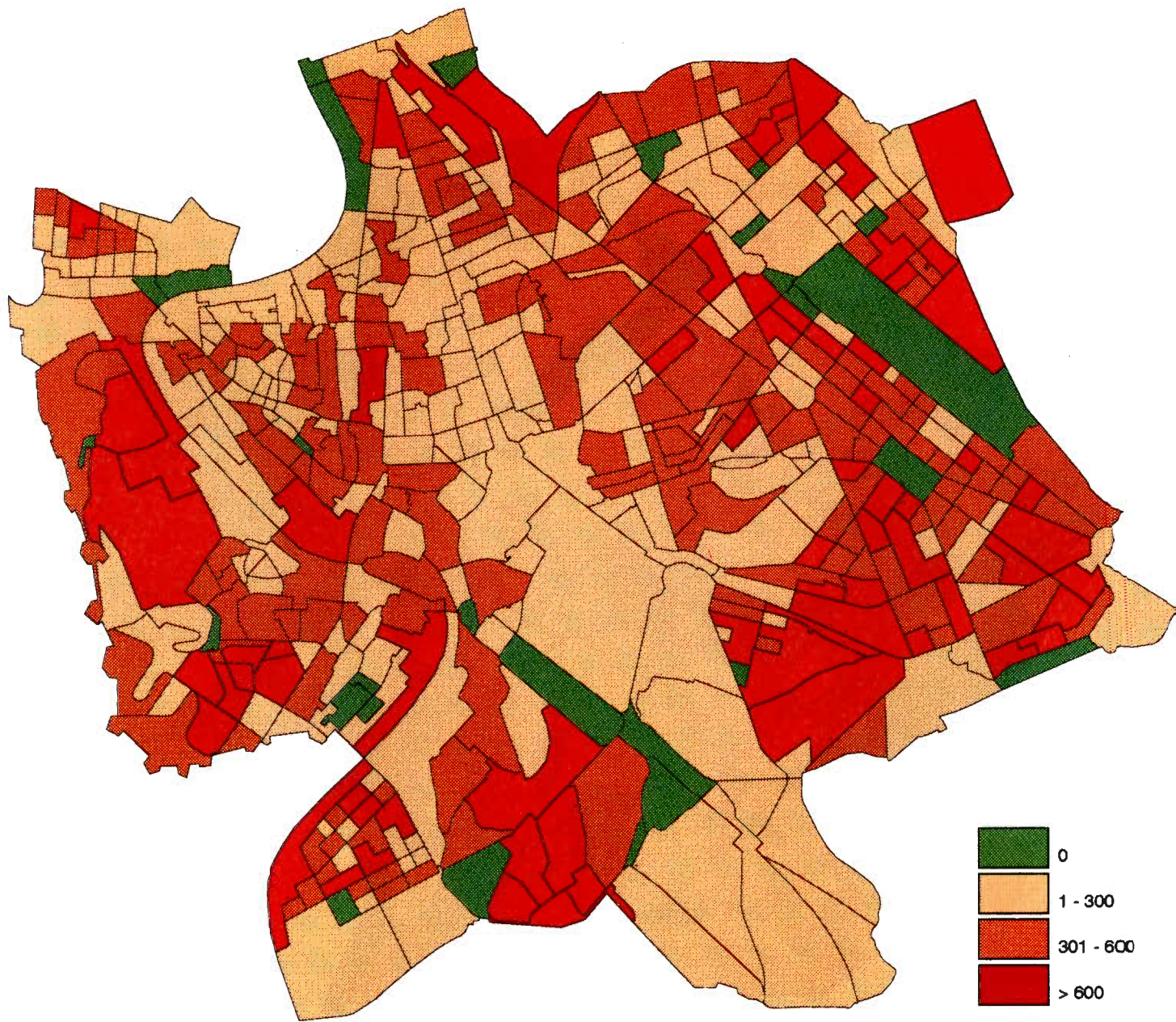


Fig. 12 Popolazione presente al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

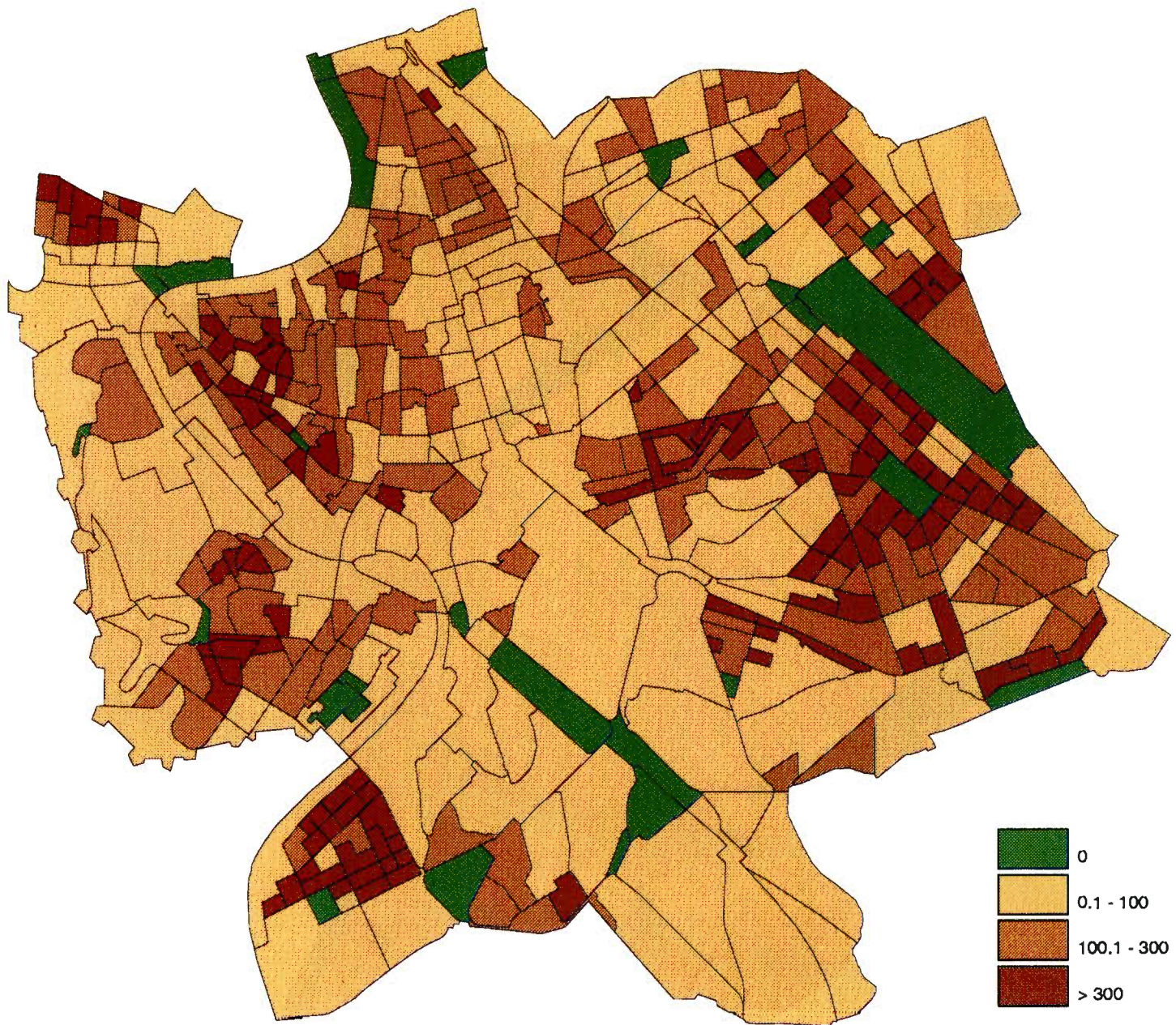


Fig. 13 – Densità abitativa al 1981 (Popolazione residente/ha) (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

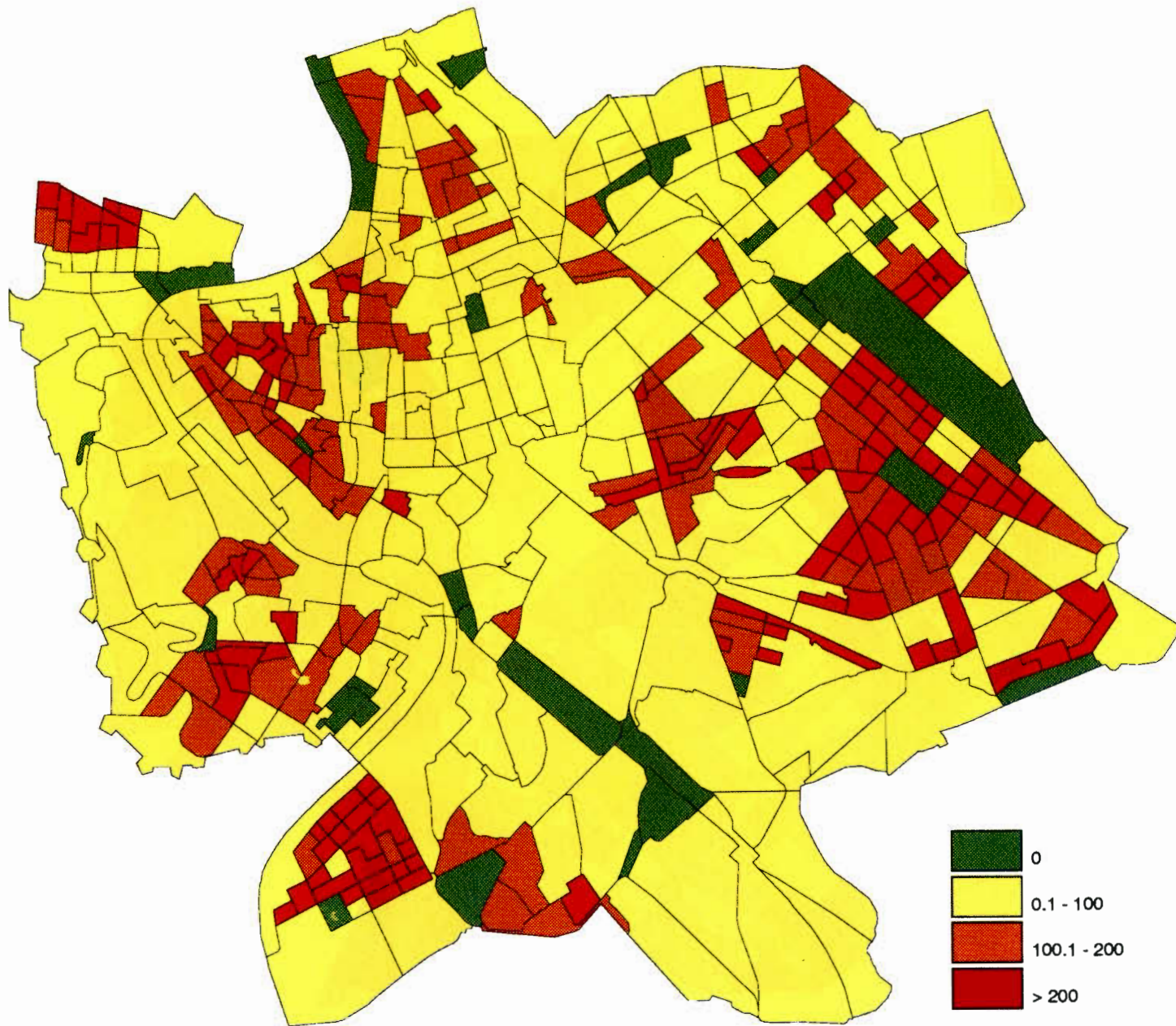


Fig. 14 - Densità abitativa al 1981 della popolazione in fasce d'età a rischio (Popolazione/ha) (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

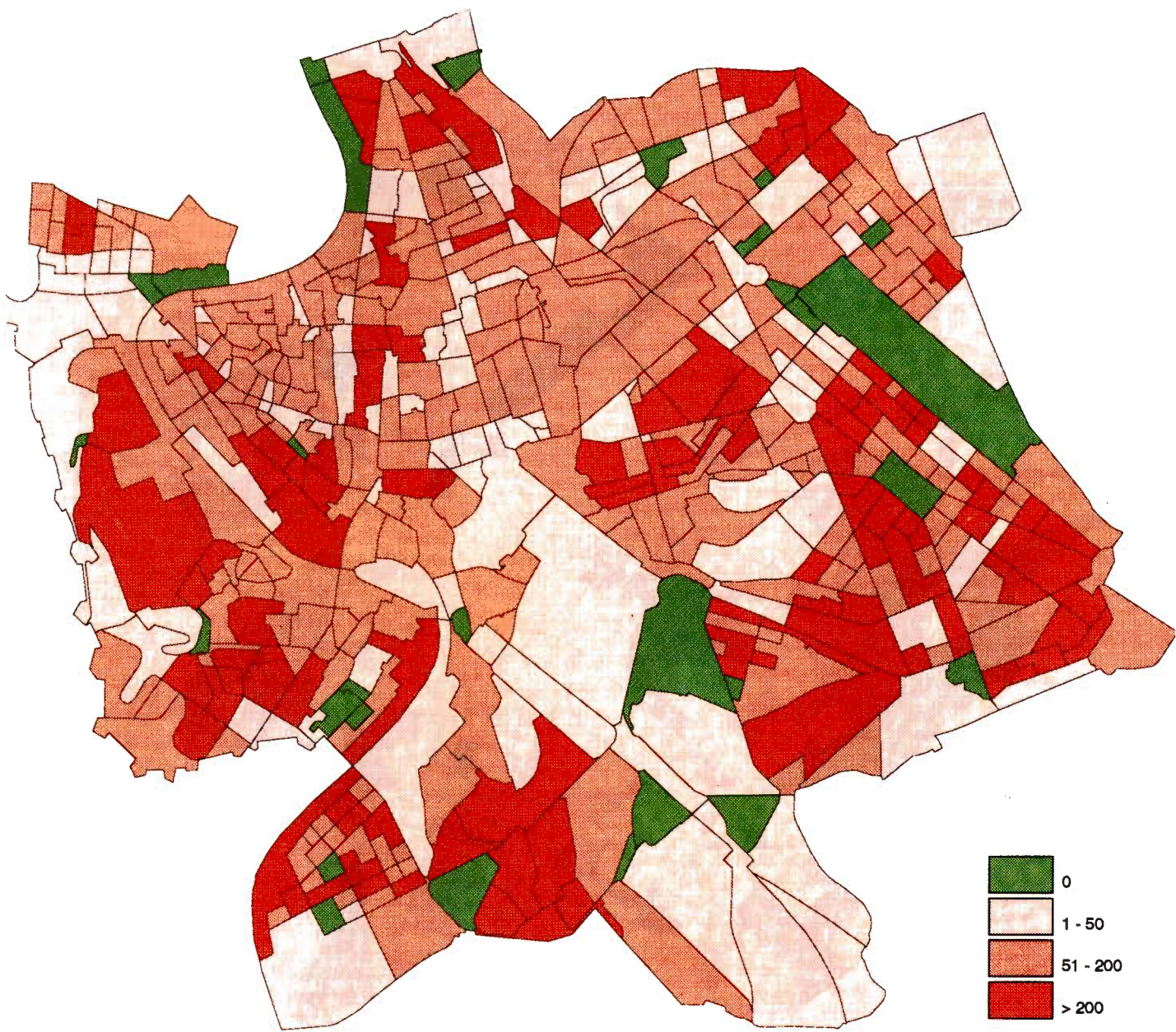


Fig. 15 - Abitazioni totali al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

- incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1919 e il 1945 sul totale delle abitazioni al 1981 (fig. 20);

- incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1945 e il 1960 sul totale delle abitazioni al 1981 (fig. 21);

- incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1960 e il 1971 sul totale delle abitazioni al 1981 (fig. 22);

- incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1971 e il 1981 sul totale delle abitazioni al 1981 (fig. 23);

- numero di abitazioni per ettaro (fig. 24).

Dai cartogrammi elaborati è possibile rilevare la consistenza e l'utilizzazione del patrimonio abitativo a fini residenziali.

Tra il 1971 e il 1981, per l'intero centro storico le abitazioni in totale risultano diminuite di 2.483 unità, passando dalle 56.835 del 1971 alle 54.352 del 1981. Per quanto riguarda le abitazioni occupate la diminuzione è di 1.171 unità (49.747 al 1971, 48.576 al 1981) mentre per le non occupate si registra un incremento di 2.192 unità (7.088 al 1971, 9.280 al 1981).

Si ha quindi, nell'ultimo decennio, una variazione percentuale sull'intero centro storico del -4,4% delle abitazioni totali (tra il 1961 e il 1971 è stato del -7,3%), del -2,4% delle abitazioni occupate (tra il 1961 e il 1971 il -14,7%) ed un incremento del 30% delle abitazioni non occupate (nel decennio precedente 135,8%).

Il dato relativo alla diminuzione delle abitazioni totali e di quelle occupate evidenzia l'entità dei fenomeni di trasformazione realizzatisi nell'ultimo decennio, anche se in forma minore rispetto a quanto rilevato nel decennio precedente.

Attualmente, nelle zone in cui vi sono le maggiori densità abitative, non si riscontra la saturazione dal punto di vista residenziale. All'ultima classe della fig. 16, che rappresenta l'uso pressoché totale del patrimonio abitativo a fini residenziali, appartengono gran parte di quelle sezioni censuarie con minore quantità di abitazioni (meno di cinquanta abitazioni nella fig. 15).

La distribuzione delle abitazioni vuote (fig. 17) è un dato significativo per la lettura dei fenomeni relativi sia alla terziarizzazione incipiente, sia alle trasformazioni delle condizioni sociali prevalenti in una data area. A tali trasformazioni si è assistito sin dagli anni '60 in alcune aree, fra le quali:

- rione Monti (tra Via Panisperna e Via Cavour);

- rione Colonna (Piazza Montecitorio, Piazza Colonna, Piazza San Silvestro);

- rione Campo Marzio (Tridente);

- rioni Ponte, Parione e Regola (Piazza Campo de' Fiori, Piazza dei Coronari);

- rione Sant'Eustachio (Via della Scrofa, Via della Dogana);

- rione Sant'Angelo (Via delle Botteghe Oscure, Via dei Funari);

- altre aree comprese fra l'ansa del Tevere, l'Isola Tiberina e Castel Sant'Angelo.

Per quanto riguarda invece la distribuzione del patrimonio abitativo per epoca di costruzione e per densità territoriale (figg. 19, 20, 21, 22, 23, 24), è noto che la maggior parte di tale patrimonio per l'intero centro storico è stato edificato anteriormente al 1919. Questo è il primo limite temporale che viene preso in considerazione dai rilevamenti Istat. Pertanto non appena si escludono le sezioni censuarie in cui non vi sono edifici residenziali (la stazione, Piazza Vittorio, Colosseo, Circo Massimo, ecc.), le maggior parte delle restanti sezioni ha oltre il 75% del patrimonio datato prima del 1919.

In questo caso, il tipo di dato utilizzato non aiuta a ricostruire una geografia storica dell'edificazione utile per valutazioni sulla natura tipologica.

Nel caso della densità territoriale delle abitazioni non si può parlare esattamente di densità dell'edificato (è assente tutto ciò che non è residenziale). All'interno del centro storico si osserva una coincidenza fra sezioni di censimento in cui vi è maggiore densità abitativa (oltre 300 abitanti per ettaro, fig. 13), sezioni con maggior numero di abitazioni (oltre 150 per ettaro, fig. 24) e, in particolare, sezioni con alta densità di popolazione in fasce di età a rischio (oltre 200 persone per ettaro, fig. 14). Da questo punto di vista tali sezioni sono quelle maggiormente esposte al rischio e sono quelle aggregate attorno a Piazza Vittorio e zone limitrofe, la stazione, Testaccio, Trastevere, Celio, Via Cavour e ansa del Tevere.

Per le altre tipologie di elementi fisici si è provveduto ad una indagine sulle fonti per l'individuazione fisica e alla raccolta di dati significativi sia per le modalità che per la frequenza d'uso. Le fonti di rilevamento per ciascuna delle tipologie indagate sono:

- alberghi: Ente provinciale per il turismo, 1993 (fig. 25);

- cinema e teatri: Seat, 1993 (fig. 26);

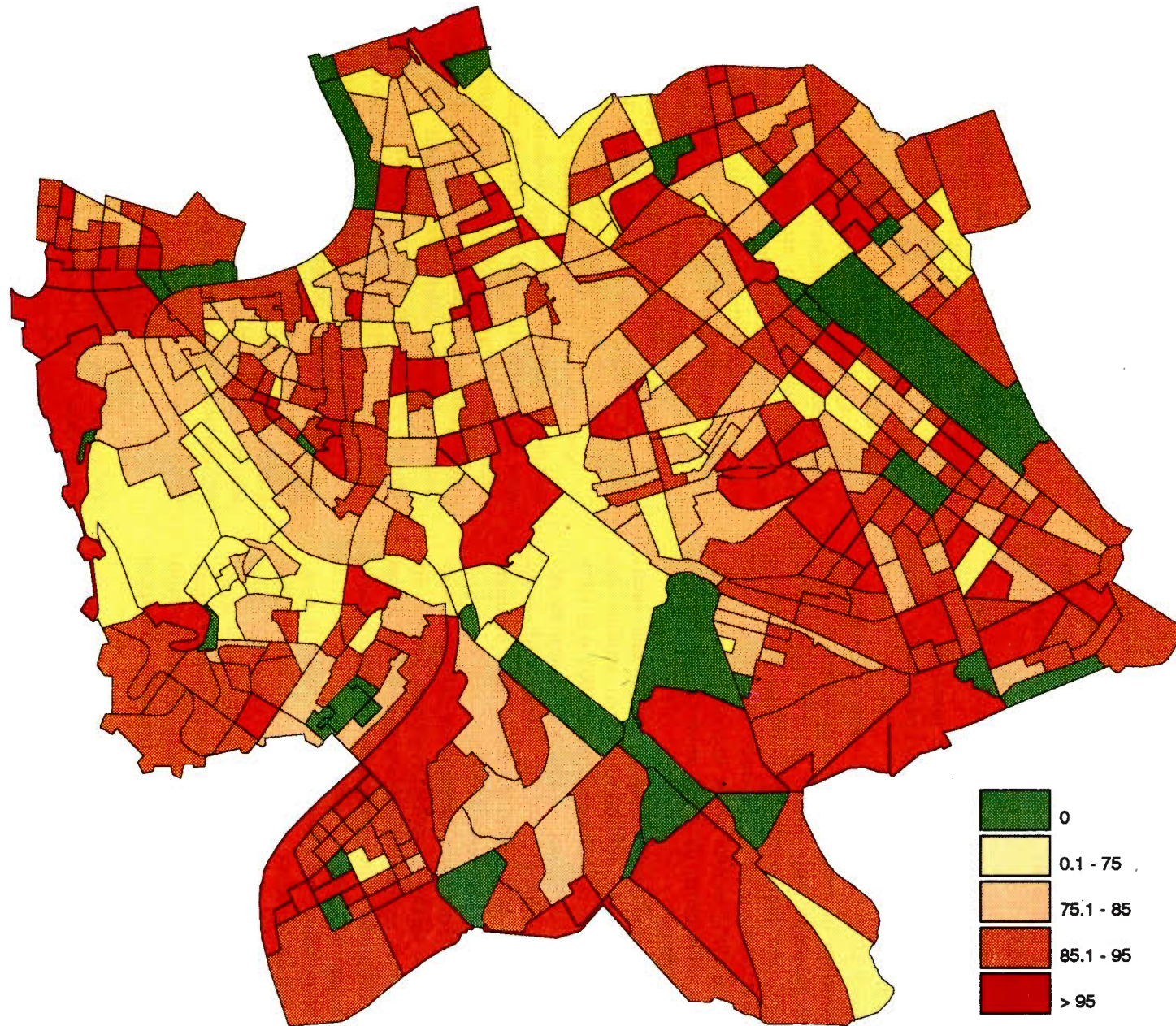


Fig. 16 - Incidenza percentuale delle abitazioni occupate sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).



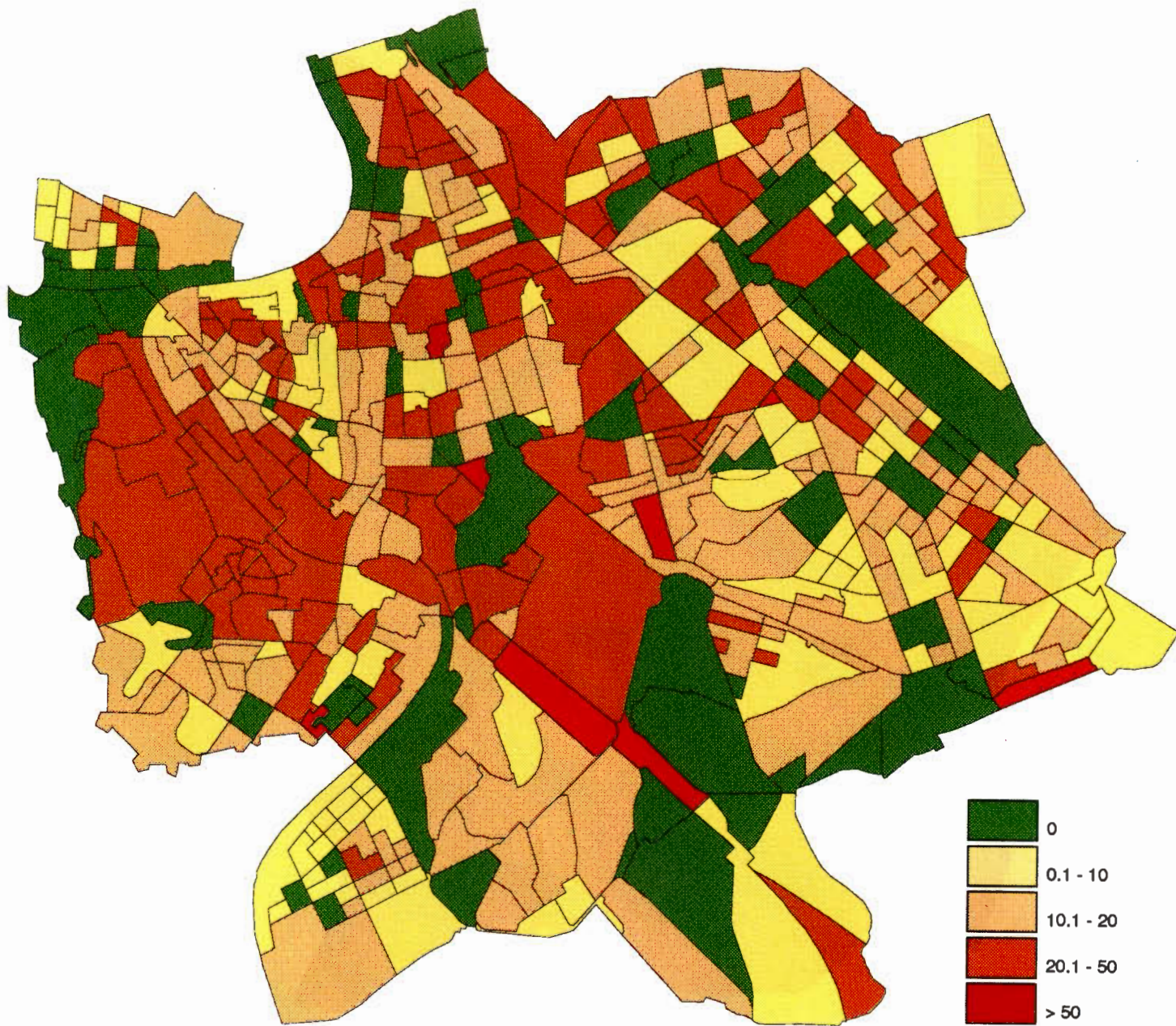


Fig. 17 – Incidenza percentuale delle abitazioni non occupate sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

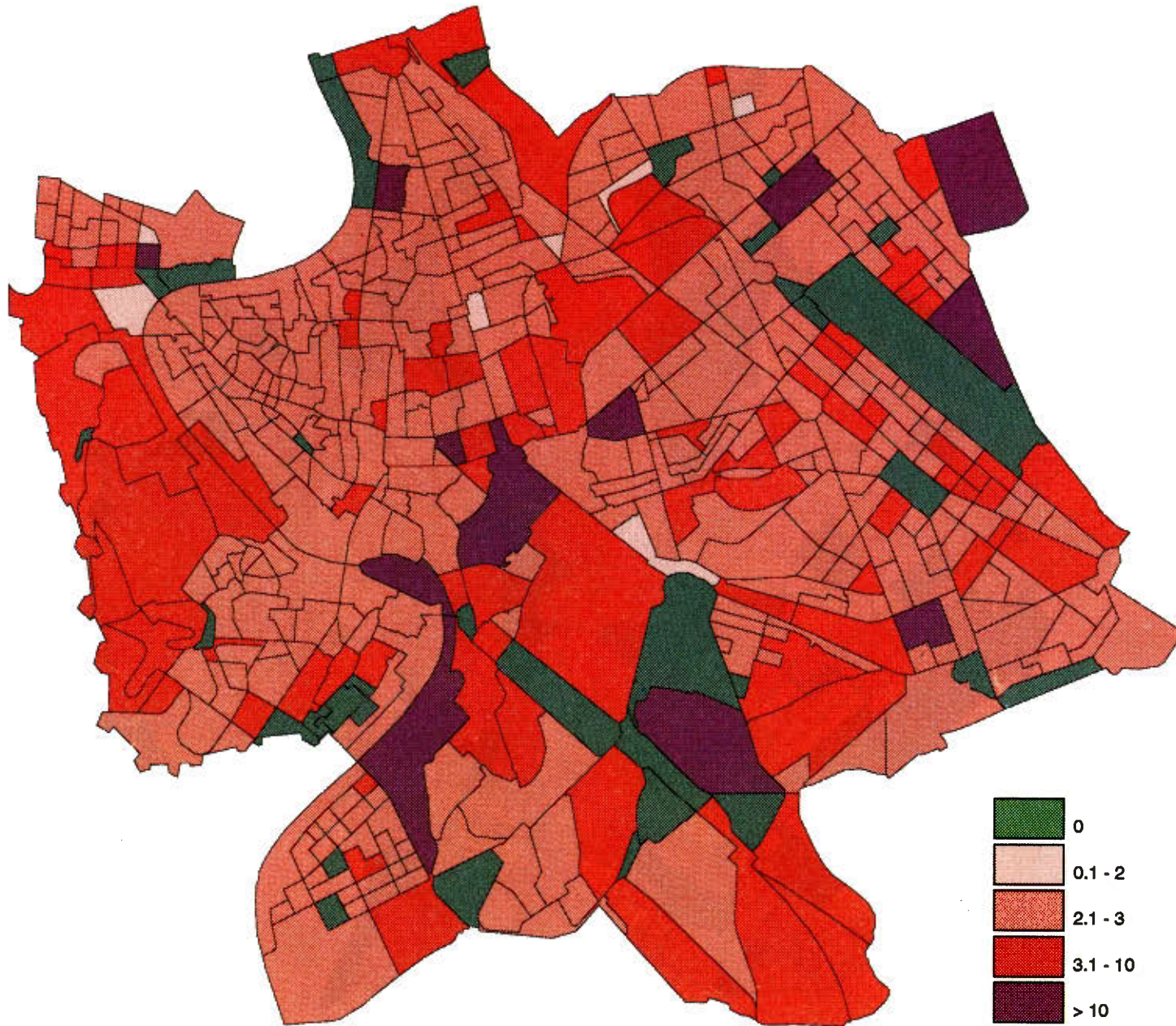


Fig. 18 – Indice di affollamento al 1981 (popolazione residente/abitazioni occupate) (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

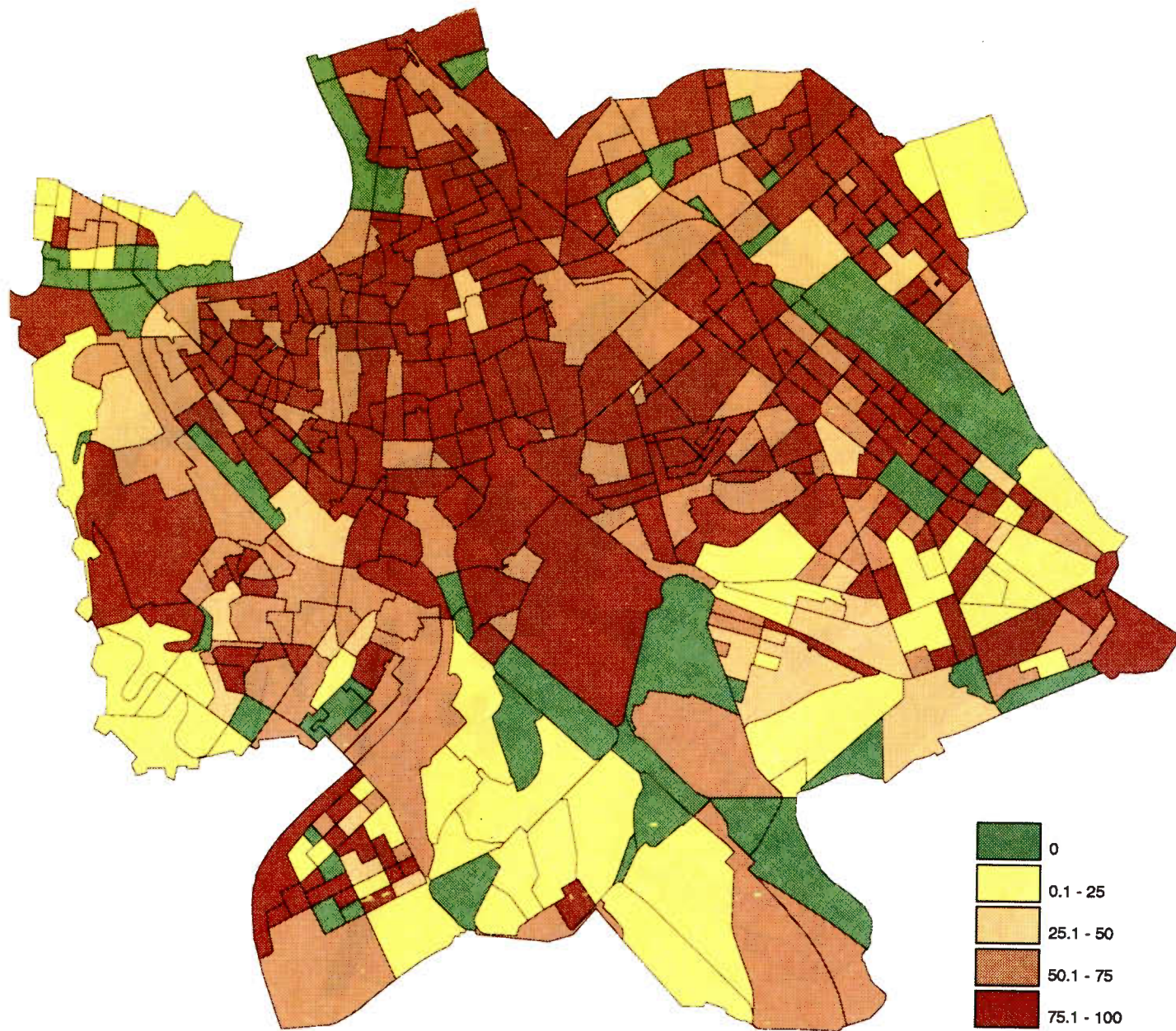


Fig. 19 Incidenza percentuale delle abitazioni costruite prima del 1919 sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

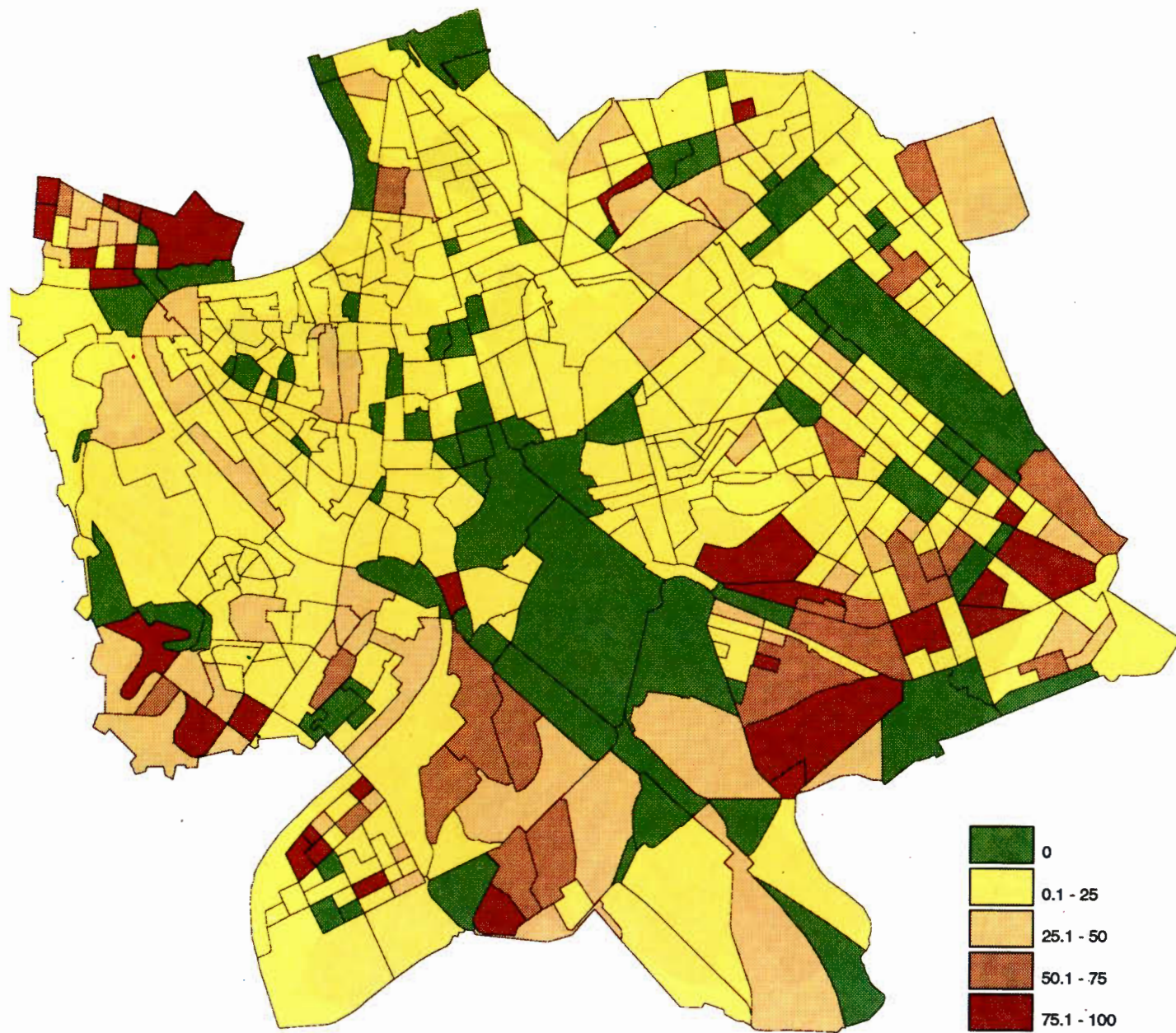


Fig. 20 – Incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1919 e il 1945 sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

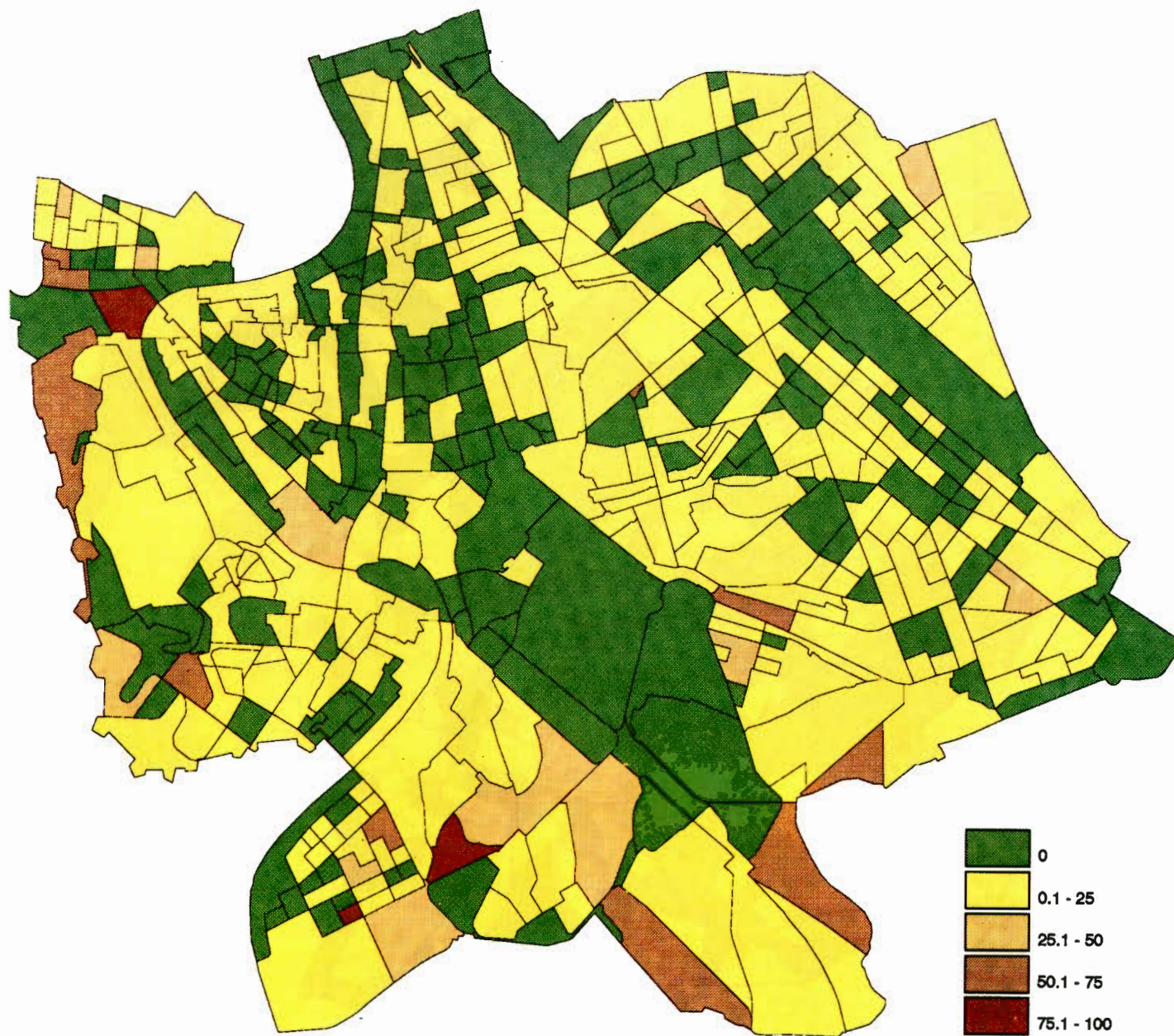


Fig. 21 - Incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1945 e il 1960 sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

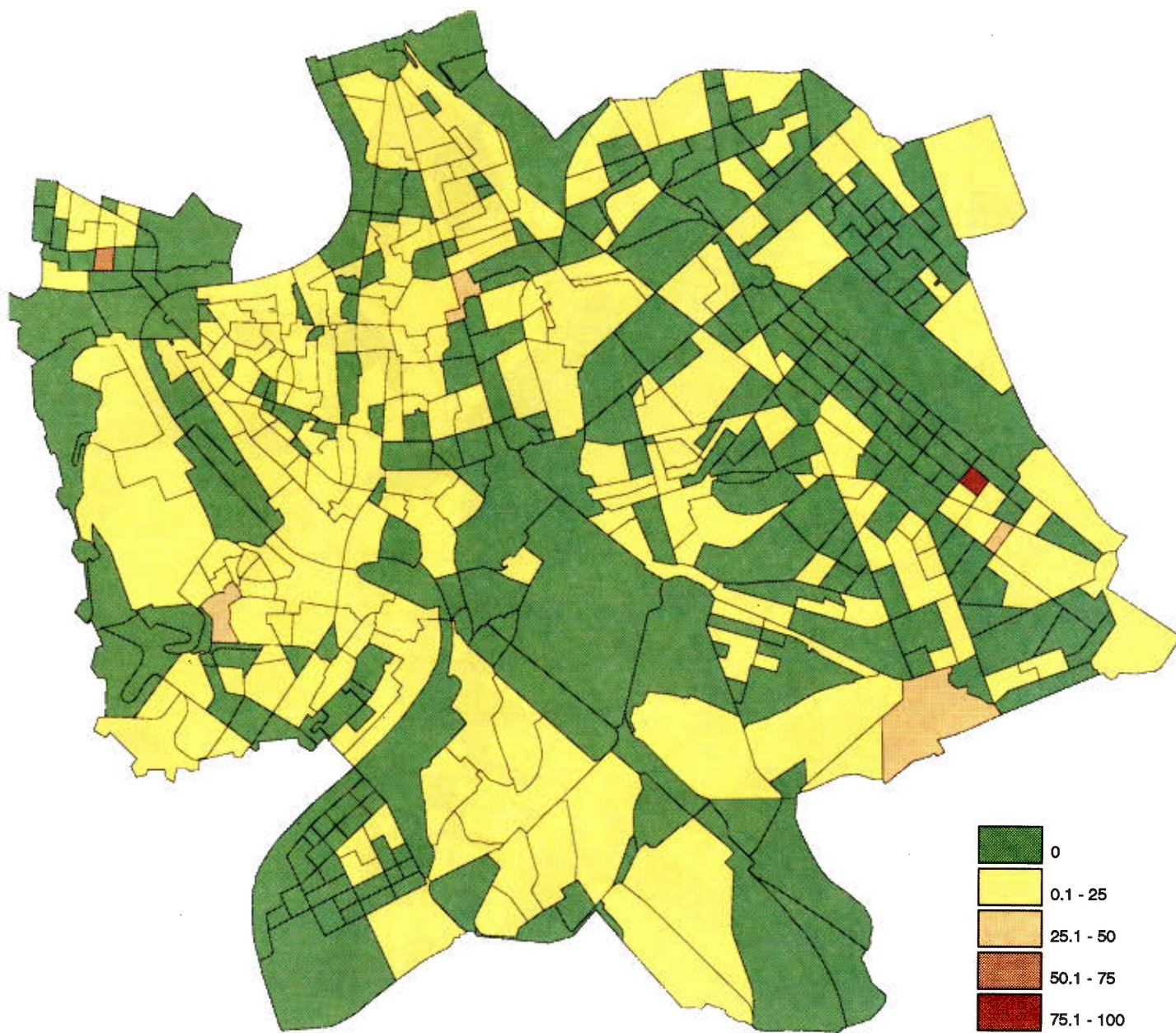


Fig. 22 - Incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1960 e il 1971 sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

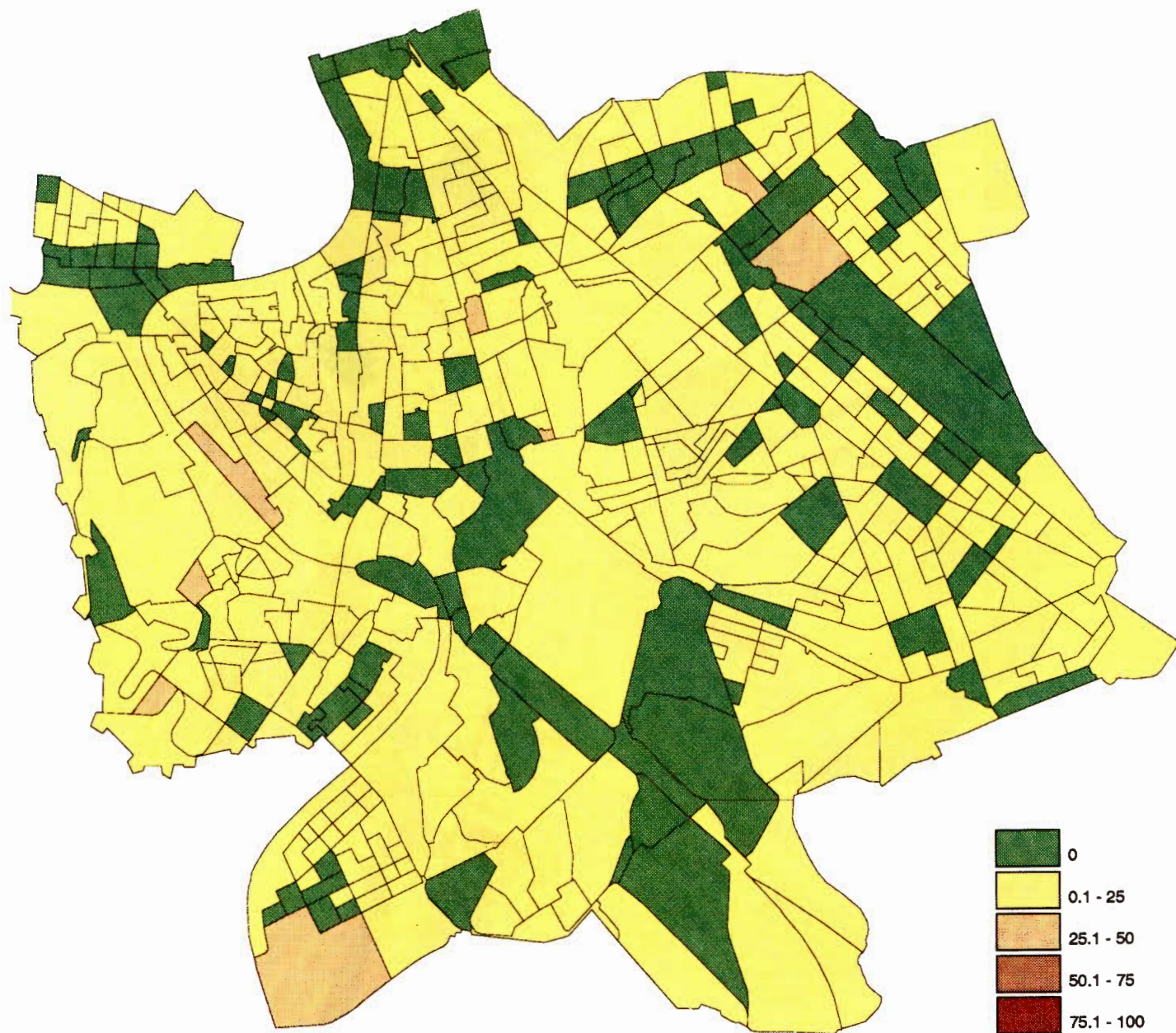


Fig. 23 Incidenza percentuale delle abitazioni costruite fra il 1971 e il 1981 sul totale delle abitazioni al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).

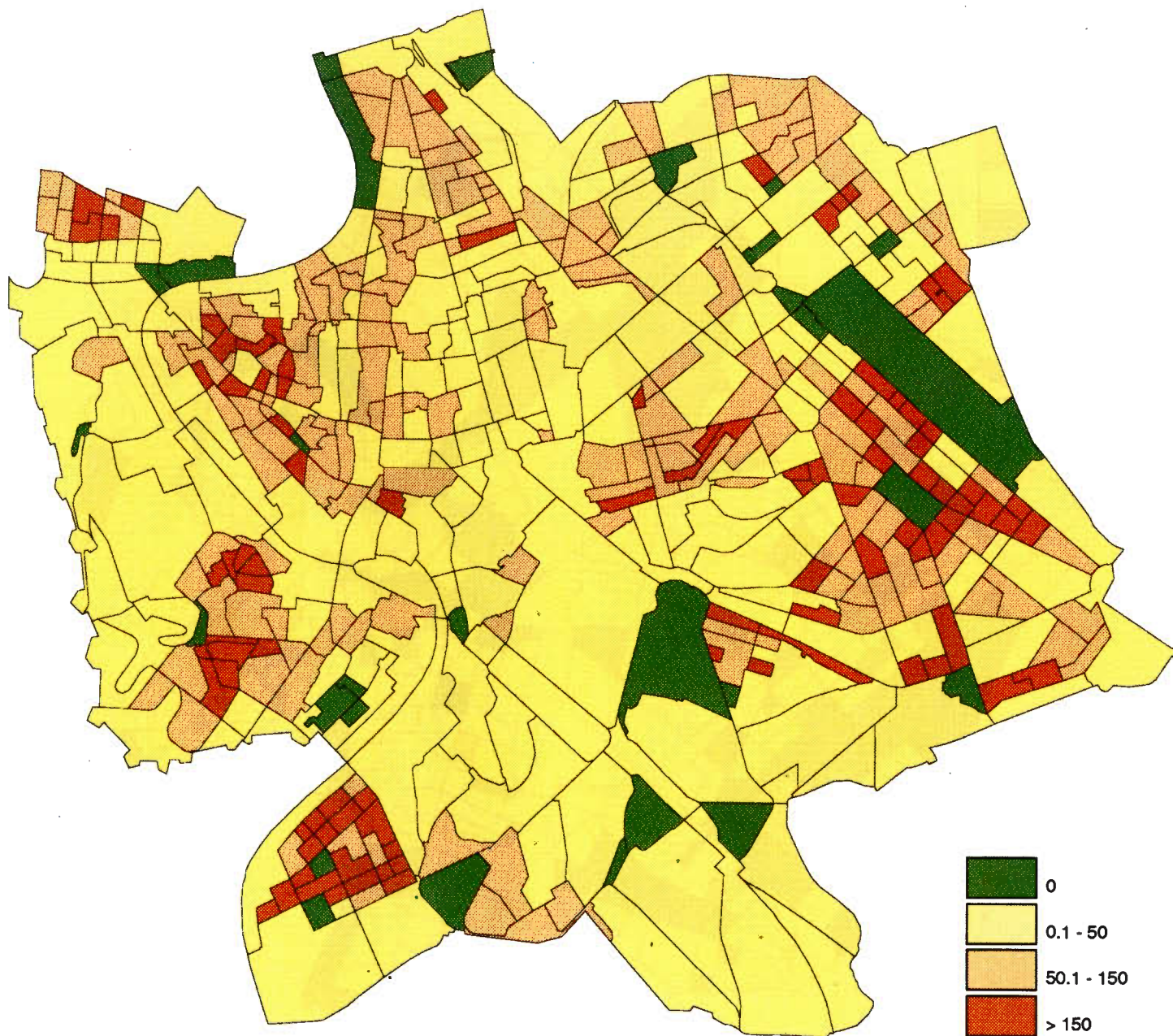


Fig. 24 - Numero di abitazioni per ha al 1981 (fonte: elaborazione su dati ISTAT).



- edifici per l'istruzione: Comune di Roma, Provveditorato agli studi di Roma, 1993 (fig. 27);
- musei e biblioteche: Seat, Touring Club Italiano, 1993 (fig. 28);
- edifici pubblici di pronto intervento: Seat, 1993 (fig. 29);
- servizi sanitari: Osservatorio epidemiologico regionale, 1993 (fig. 30);
- uffici amministrativi: Ufficio del programma per Roma capitale, 1992 (fig. 31).

Per tutte queste tipologie di dati si è provveduto ad una prima identificazione e localizzazione fisica all'interno del centro storico, che ha dato origine alle mappe qui riprodotte, e ad alcune semplici elaborazioni in termini quantitativi (tabb. 3, 4, 5, 6).

Resta completamente da sviluppare la valutazione della vulnerabilità delle suddette tipologie. Va comunque sottolineato che, così come per il patrimonio monumentale, le particolari caratteristiche, in termini funzionali e strutturali, di tali edifici non consentono uno studio generalizzato per categorie, ma richiedono dettagliate analisi di tipo puntuale.

## 5. - I SISTEMI A RETE

Sono state analizzate le informazioni disponibili relative ai sistemi di distribuzione di elettricità, acqua, gas e telefono. Non sono invece state analizzate le linee ferroviarie e la linea della metropolitana.

Va sottolineato che la scala suburbana relativa al solo centro storico mal si presta ad una analisi delle problematiche sismiche riguardanti i sistemi a rete. Infatti, ad esempio, le reti elettriche ed idrauliche del centro storico di Roma dipendono funzionalmente da alcuni elementi (cabine di trasformazione alta tensione/media tensione, serbatoi) che sono spesso localizzati al di fuori del territorio in esame.

In questa prima fase del lavoro ci si è limitati a individuare le fonti dei dati (Enti gestori, Uffici specifici competenti, etc.) e i metodi di archiviazione, e a organizzare i dati stessi, rinviando a un completamento del lavoro - che si prevede esteso all'intero Comune di Roma - per delle valutazioni più approfondite sui livelli di vulnerabilità riscontrabili.

In particolare al fine di definire gli elementi che concorrono ad analisi sulla vulnerabilità delle reti è necessario analizzare le caratteristiche strutturali

di opere edili contenenti o costituenti alcuni nodi delle reti, quali serbatoi idrici, cabine di trasformazione, centrali telefoniche, gallerie sotterranee, ecc.

Le figg. 32, 33, 34, e 35 riportano il tracciato dei rami primari rispettivamente per le reti elettrica, idrica, del gas e telefonica.

Sebbene la moderata pericolosità sismica dell'area romana non solleciti l'urgenza di un approfondimento in termini di vulnerabilità dei sistemi a rete, si è colta l'occasione per cominciare ad affrontare contestualmente alcune tematiche di esposizione e vulnerabilità.

D'altra parte i passati terremoti hanno evidenziato la particolare vulnerabilità dei sistemi a rete. Tali sistemi sono spesso stati danneggiati su aree più vaste di quelle interessate dal danneggiamento delle abitazioni e per terremoti anche relativamente modesti (PIETRANGELI, 1984). Il fenomeno è spiegato dalla particolare configurazione delle reti, costituite da elementi posti in serie tra loro, per cui si determina la necessità di disporre il maggior numero possibile di elementi in parallelo, per mitigare le conseguenze di eventuali danneggiamenti dovuti al terremoto.

È da sottolineare l'importanza dei sistemi di monitoraggio per il controllo delle reti e la mitigazione degli effetti del terremoto (BALLANTINE, 1993).

Va infine ricordato che per la definizione di «rischio accettabile», sono state proposte alcune tavole che correlano l'intensità macrosismica con il livello di danno accettabile ed il tempo necessario per la riparazione (WHITMAN, 1974; DUKE, 1981).

### 5.1 - LA RETE IDRICA

Per quanto riguarda le reti idriche esiste una vasta bibliografia, soprattutto giapponese e statunitense, sui rischi di danneggiamento delle condotte a seguito di eventi sismici. Indagini molto estese sulle condotte interrato sono state effettuate in USA e Giappone, utilizzando sofisticate strumentazioni per rilevare sia le caratteristiche dei terremoti sia gli effetti degli stessi sulle tubazioni in termini di sforzi e deformazioni (KAMADA & TAKADA, 1990; KITAURA & MIYAJIMA, 1988; NISHIO *et alii*, 1988; Sato *et alii*, 1988).

In Italia sono noti i disservizi e i ripetuti danneggiamenti, a seguito di terremoto, soprattutto delle tubazioni che soffrono, in alcune zone del territorio, di uno notevole stato di degrado, o alla cattiva messa in opera. Tale stato è spesso all'origine del definitivo danneggiamento del tratto di tu-

TAB. 3 - *Alberghi (1993)*

CATEGORIA	N. alberghi	N. stanze	N. posti letto
5 stelle lusso	6	1.040	1.785
4 stelle	46	5.244	9.267
3 stelle	140	6.347	10.860
TOTALE Centro storico	192	12.631	21.912

Fonte: Ente Provinciale per il Turismo di Roma.

TAB. 4 - *Scuole pubbliche e private (1993-94)*

TIPO DI SCUOLA	PUBBLICHE			PRIVATE		
	N. Scuole	N. Classi	N. Alunni	N. Scuole	N. Classi	N. Alunni
Scuole materne ed asili nido comunali	17	—	1.245	—	—	—
Scuole elementari	774	164	2.489	—	—	—
Scuole medie inferiori	17	141	2.845	19	—	1.637
Scuole medie superiori	42	1.154	23.539	31	—	4.507
TOTALE Centro storico	850	1.459	30.118	50	—	6.144

Fonte: Provveditorato agli Studi di Roma - Comune di Roma.

TAB. 5 - *Servizi sanitari (1993)*

TIPOLOGIA	Quantità	Posti letto	Dimissioni
Ospedali	5	1.710	37.119
Casi di cura	5	228	2.760
Ambulatori	11	—	—
TOTALE Centro storico	21	1.938	39.879

Fonte: Osservatorio Epidemiologico Regionale e Seat.

TAB. 6 - *Uffici amministrativi per classi di addetti (1992)*

TIPO	< 50 ADDETTI		DA 50 A 250 ADDETTI			> 250 ADDETTI			
	N. Uffici	MQ	Addetti	N. Uffici	MQ	Addetti	N. Uffici	MQ	Addetti
Presidenza della Repubblica	1	154	10	5	46.425	718	—	—	—
Senato della Repubblica	4	12.010	180	5	13.560	565	3	(*)	1.660
Camera dei Deputati	4	21.905	98	2	18.807	340	—	—	—
Corte Costituzionale	—	—	—	2	2.950	180	1	15.981	300
Comune di Roma	9	8.491	230	10	23.137	1.470	6	46.198	2.544
Presidenza del Consiglio dei Ministri	4	4.322	127	8	36.430	1.181	4	30.346	1.548
Avvocatura di Stato	2	4.354	71	1	8.240	170	2	21.119	621
Regione Lazio	3	3.344	57	1	1.406	78	—	—	—
Provincia di Roma	5	7.870	94	2	5.241	312	1	6.890	355
TOTALE CENTRO STORICO	32	62.450	867	36	156.196	5.014	17	120.534	7.028

(\*) Dati non rilevati.

Fonte: Ufficio del Programma per Roma Capitale.

bazione sotto terremoto. Si cita un caso specificamente esaminato dal Servizio Sismico Nazionale in collaborazione con l'Università della Basilicata-Dipartimento di Strutture (DISG), relativo alla rottura di una tubazione in ghisa da 300 mm dell'acquedotto di Potenza durante il recente terremoto del maggio 1991, di intensità relativamente bassa (VII-VIII MM, 4.7 Richter). La rottura di tale tubazione, avvenuta in corrispondenza di un tratto tra due giunti a bicchiere di tipo elastico, fu dovuta all'eccessiva angolazione di posa in opera, con conseguente contatto tra le parti in ghisa dei tronchi giuntati (Servizio Sismico Nazionale & DISG - UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA, 1994).

Si è osservato e verificato su modelli numerici (TSUKAMOTO *et alii*, 1984; LIOLIOS & PITILAKIS, 1984), come le maggiori deformazioni indotte sulle tubazioni durante il sisma, si verificano soprattutto nell'attraversamento di terreni con caratteristiche tra loro diverse, nei quali l'onda sismica si trasmette con differente velocità. In particolare le massime sollecitazioni si riscontrano nel passaggio da terreno soffice a terreno rigido, funzionando quest'ultimo da vincolo rigido per il tubo. Per le tubazioni continue di grosso diametro si riscontrano di frequente rotture per instabilità (ARIMAN, 1984), mentre se si utilizzano giunti elastici di tipo rapido, è possibile la fuoriuscita del tubo dal bicchiere e la rottura per urto tra tubo e tubo, dovuta allo slittamento del giunto.

Nell'ambito del citato studio sull'acquedotto di Potenza, si è cercato di individuare una scala di vulnerabilità delle condotte idriche (peraltro utilizzabile anche per le tubazioni del gas), che correlasse il

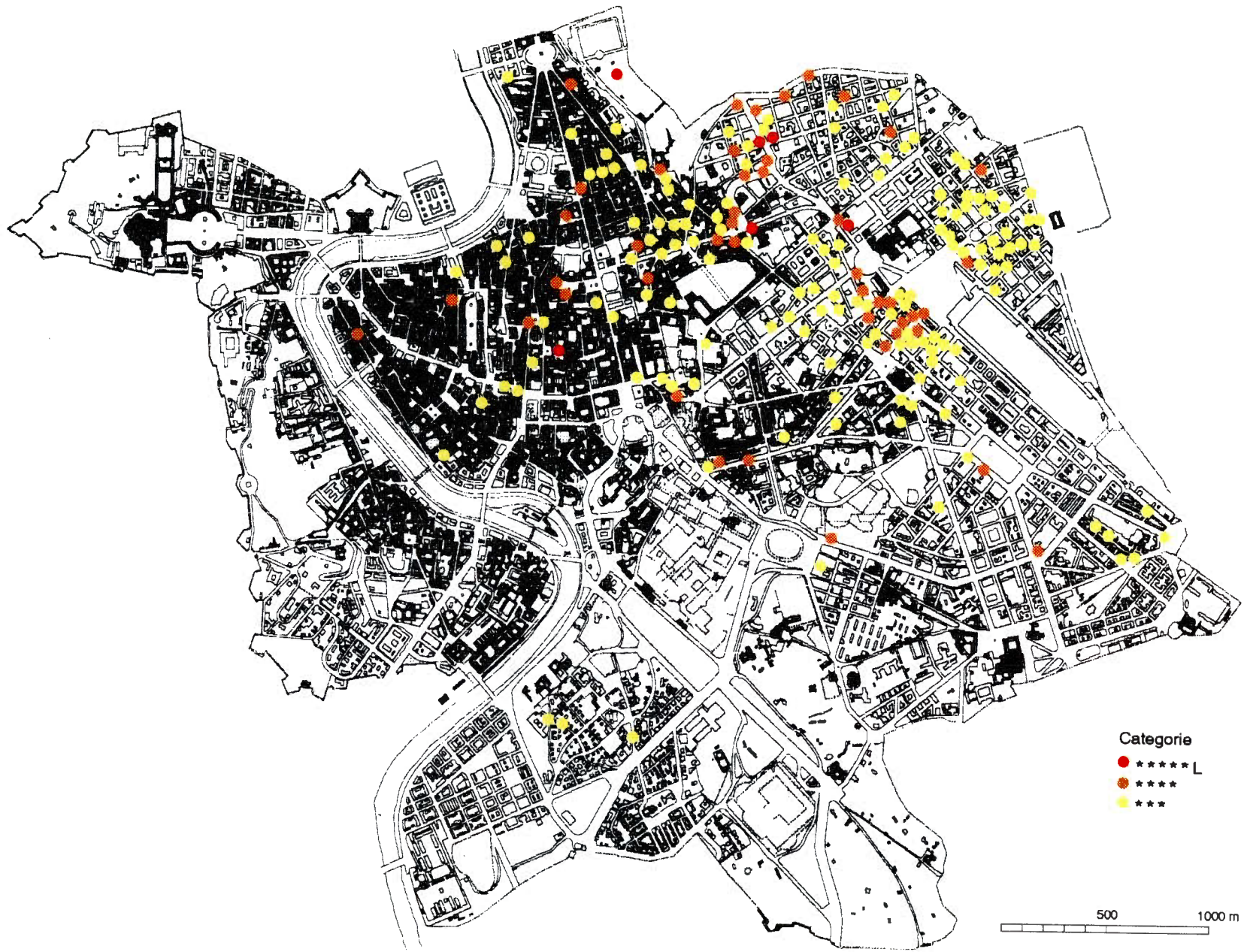


Fig. 25 Alberghi (1993) (fonte: elaborazione su dati Ente provinciale per il turismo di Roma).



Fig. 26 Cinema e teatri (1993) (fonte: elaborazione su dati SEAT).

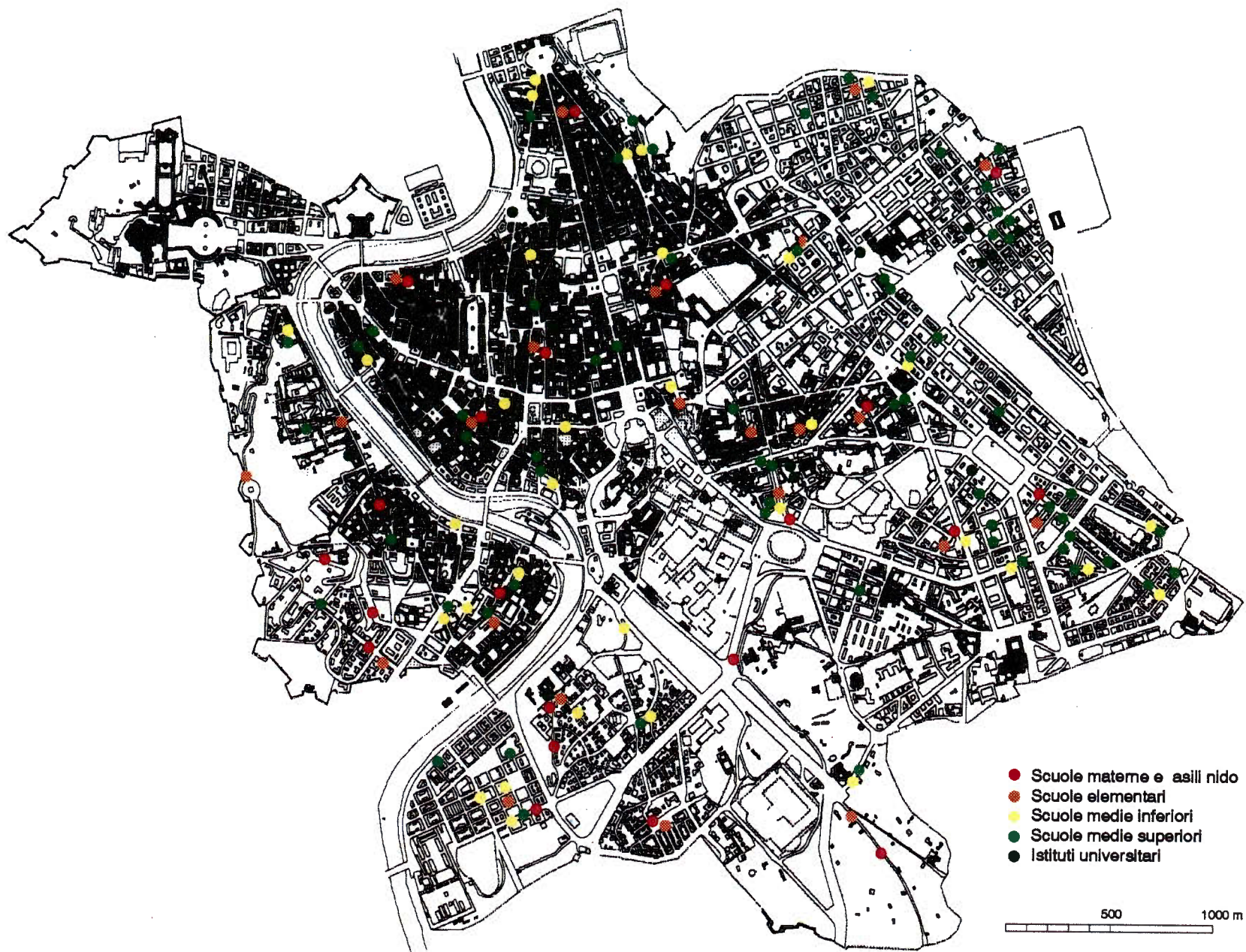


Fig. 27 – Edifici per l'istruzione (1993 – 1994) (fonte: elaborazione su dati Provveditorato agli studi di roma e Comune di Roma).

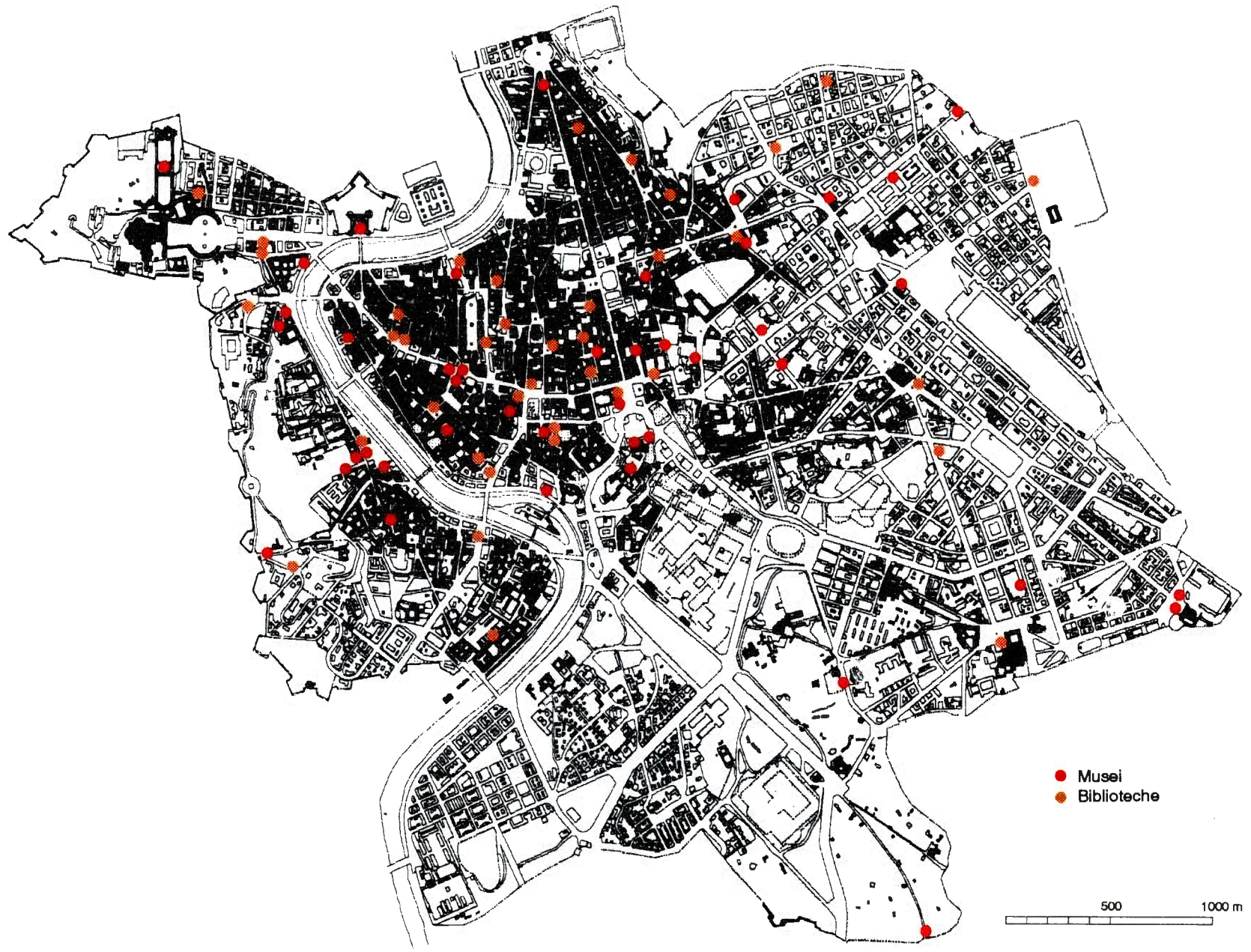


Fig. 28 - Musei e biblioteche (1993) (fonte: elaborazione su dati SEAT E Touring Club Italiano).

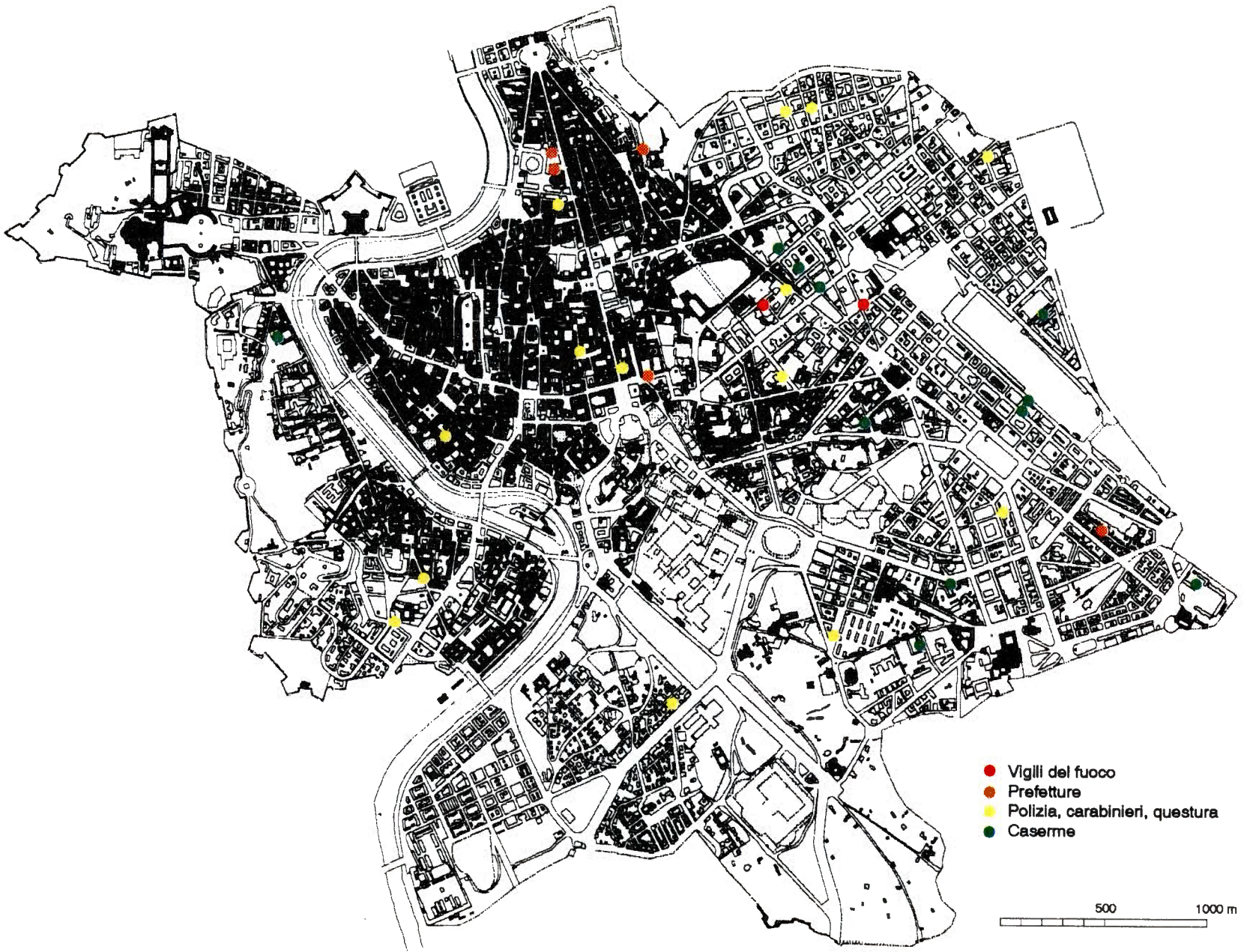


Fig. 29 - Edifici pubblici di pronto intervento (1994) (fonte: elaborazione su dati SETAT).

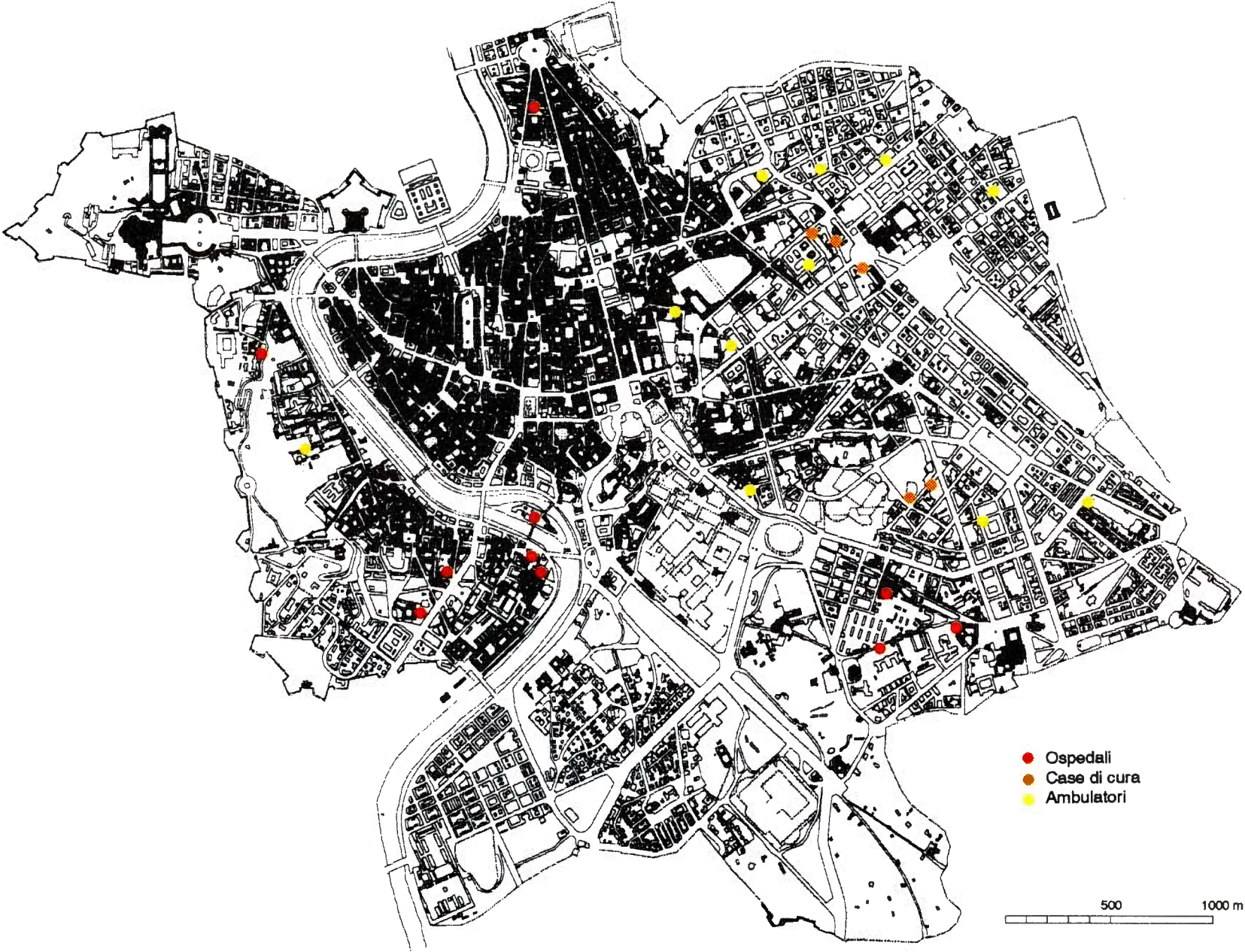


Fig. 30 – Servizi sanitari (1993) (fonte: elaborazione su dati Osservatorio epidemiologico regionale).



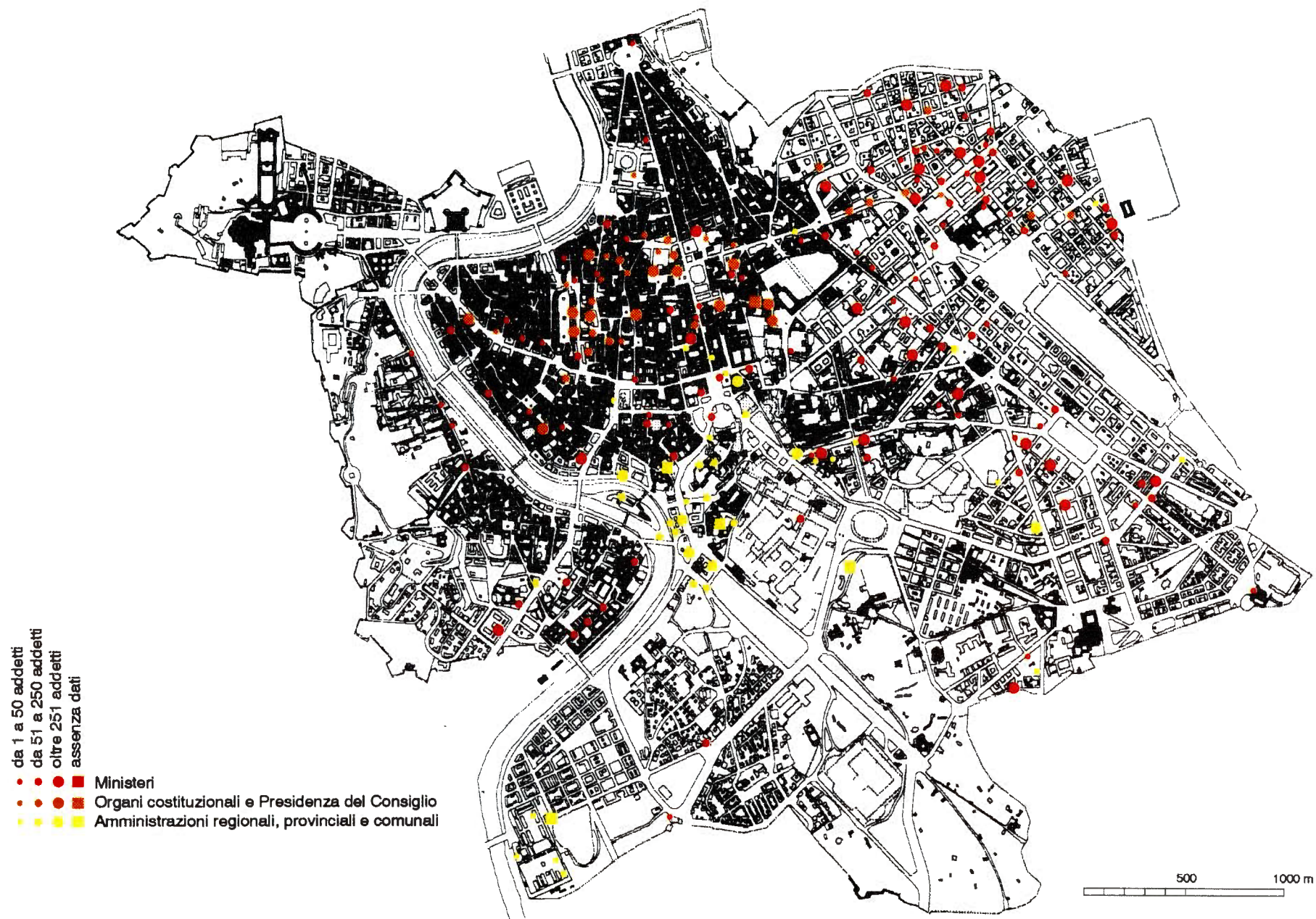


Fig. 31 Uffici amministrativi (1992) (fonte: Ufficio del programma per Roma capitale).

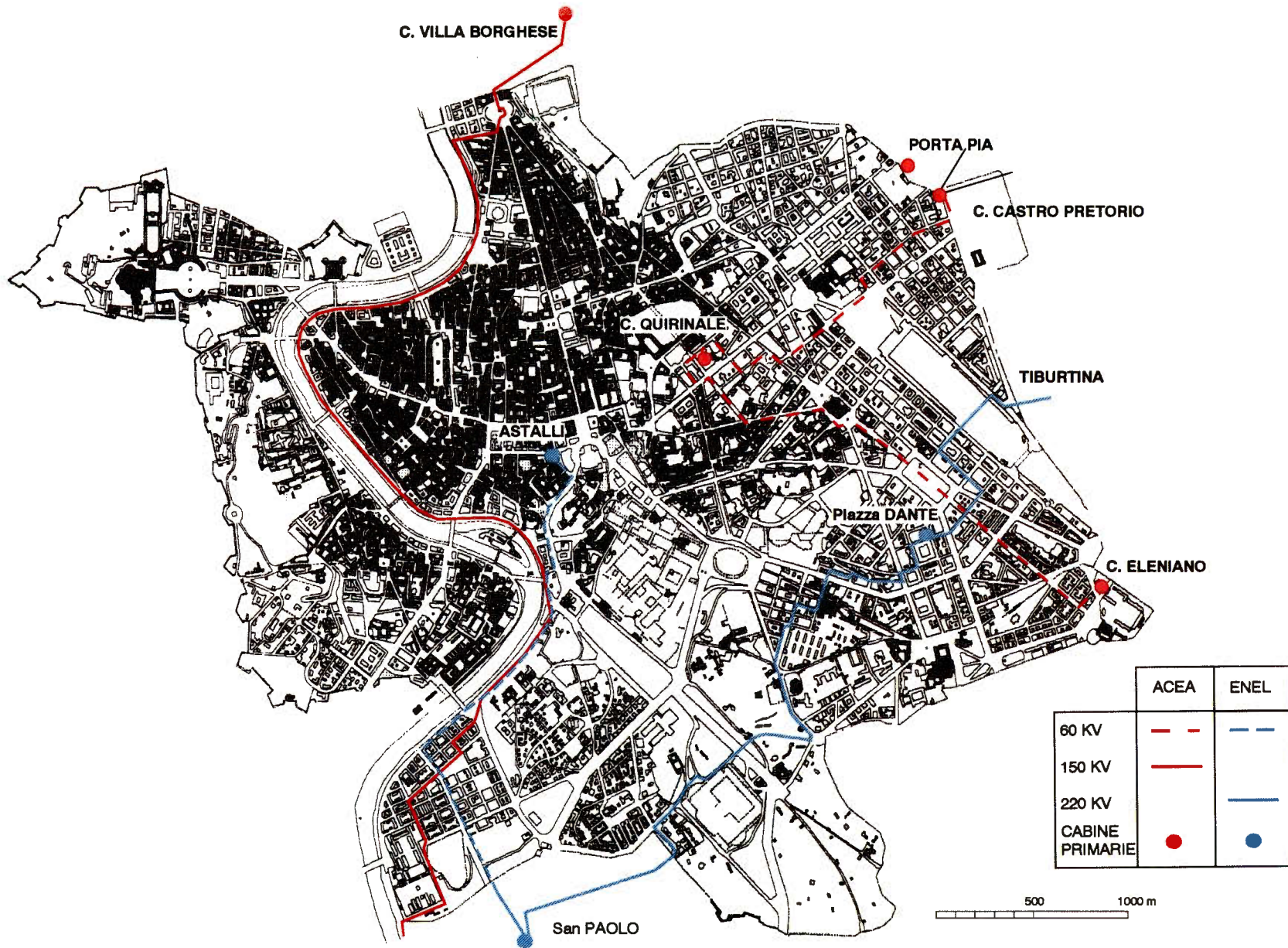


Fig. 32 - Elettrodotti (fonte: ENEL e ACEA).

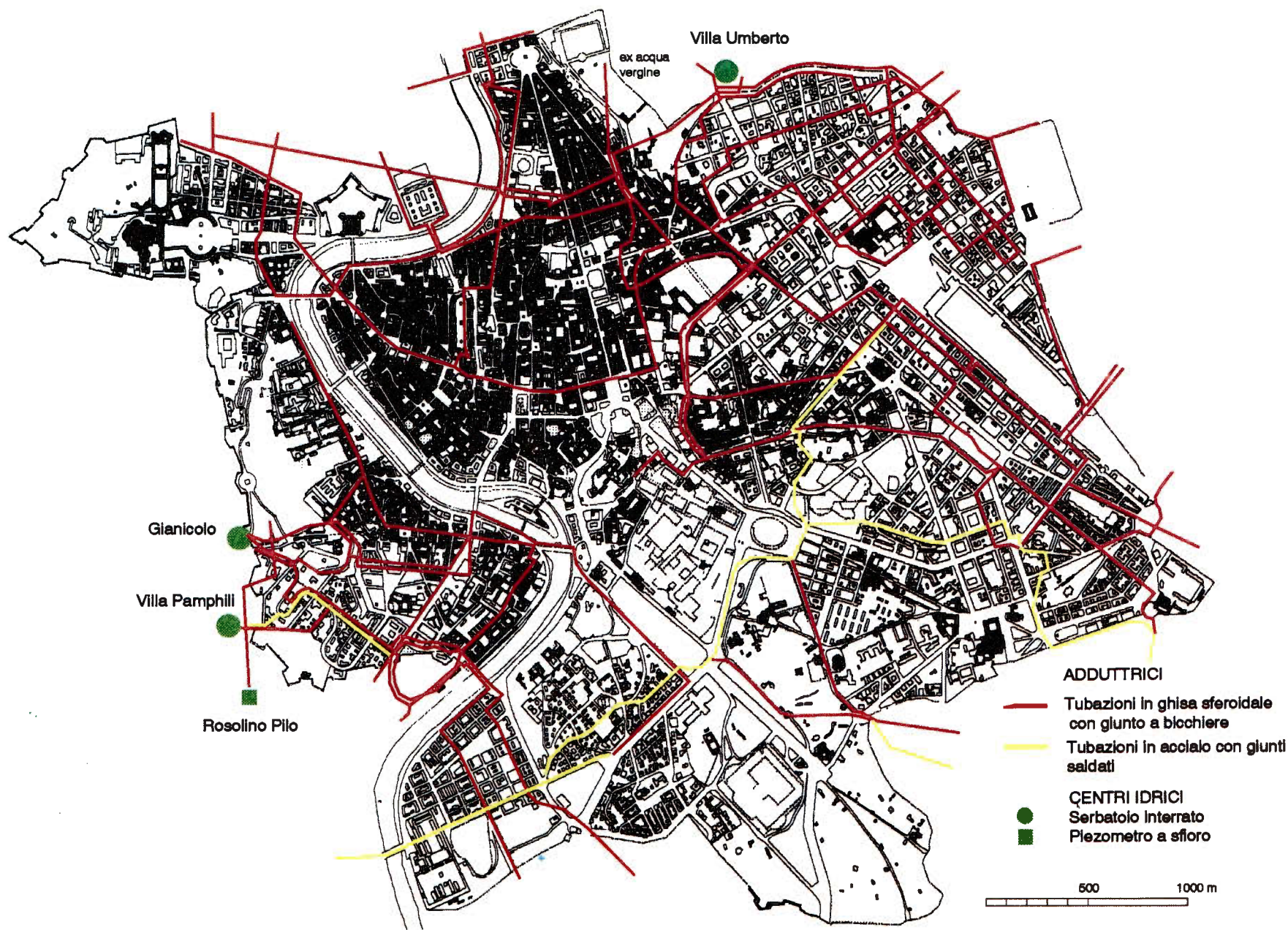


Fig. 33 – Rete idrica (fonte: ACEA).

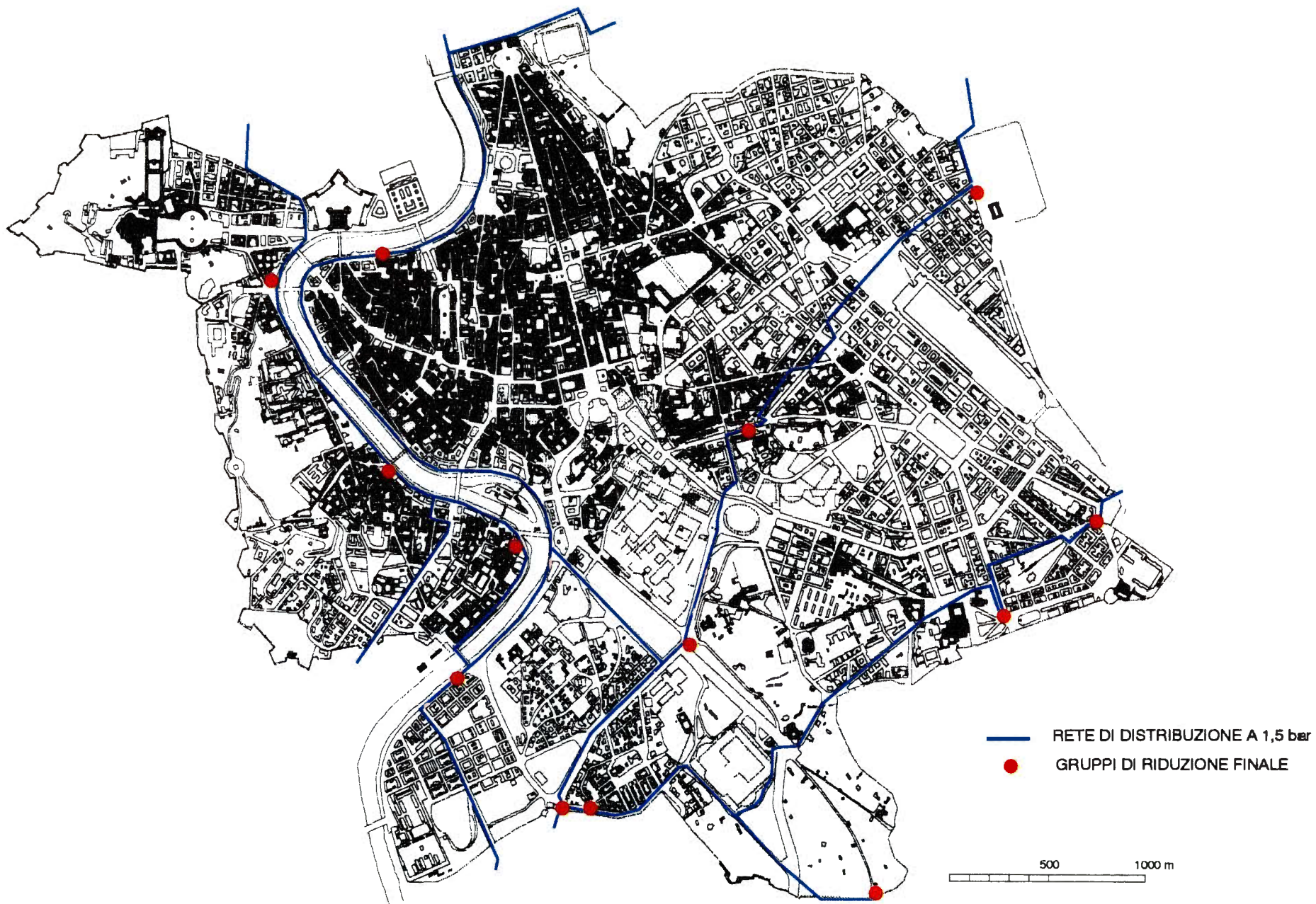


Fig. 34 – Rete del gas (fonte: ITALGAS).

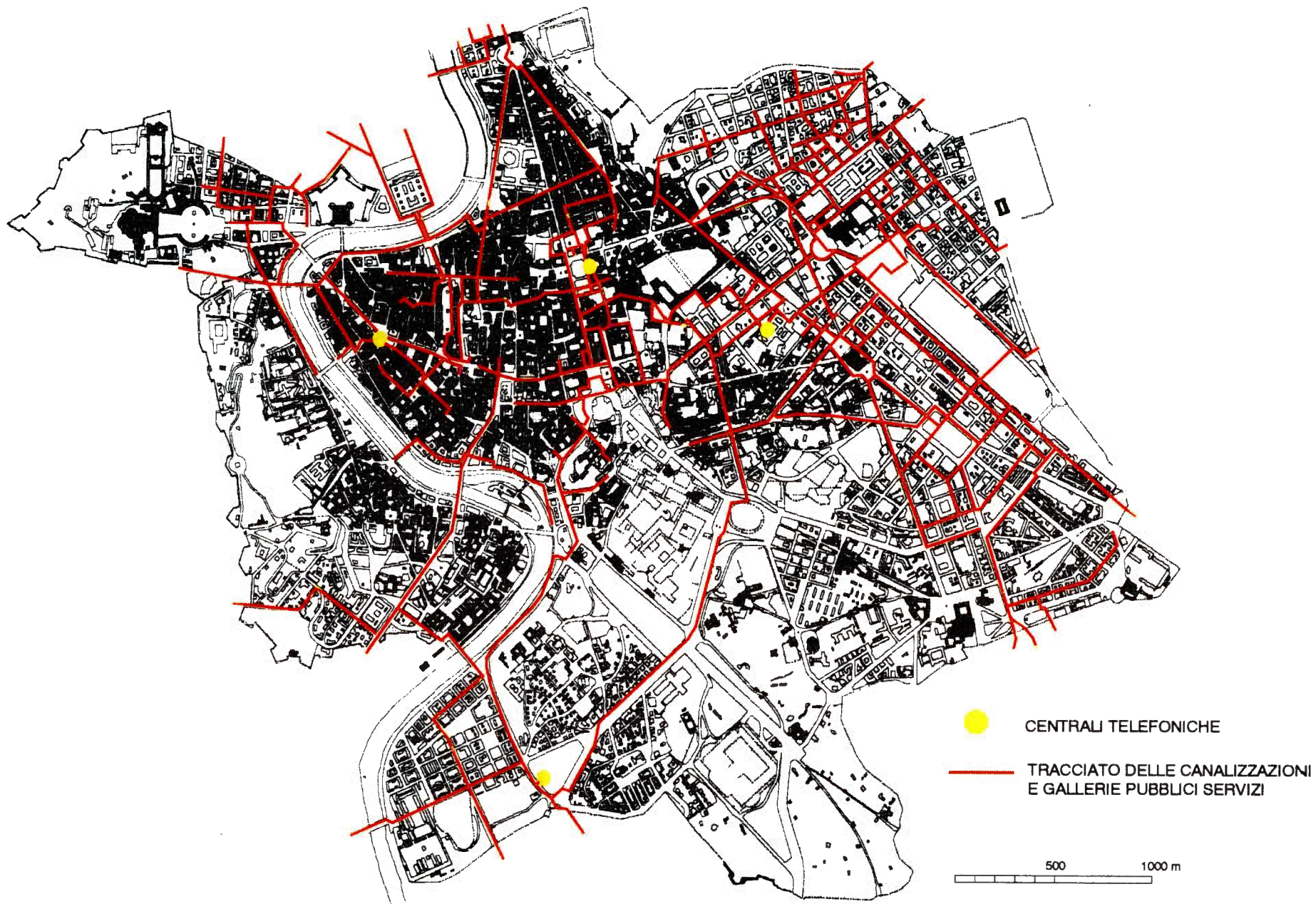
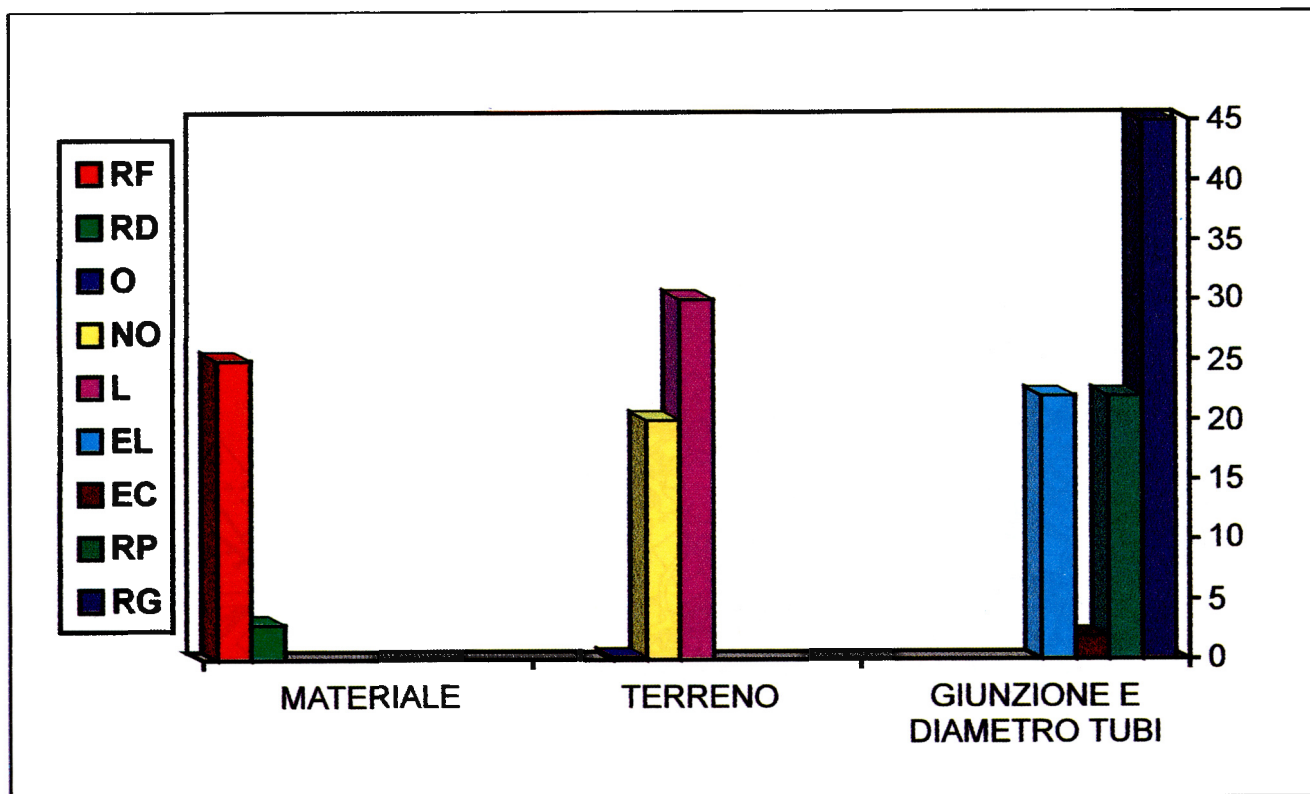


Fig. 35 - Rete telefonica primaria (fonte: TELECOM Italia).

tipo di materiale delle tubazioni e delle giunzioni con il tipo di terreno. Il risultato è sintetizzato nella fig. 36.

Per quanto riguarda il centro storico di Roma, gran parte delle tubazioni risulta posata in galleria,

dove è prevedibile una minore vulnerabilità al sisma; purtroppo non è stato possibile, fin qui, distinguere i rami di tubazioni posti in galleria, da quelli posati in trincea.



Legenda:

MATERIALE	RF	materiale poco resistente e fragile	25
"	RD	materiale resistente e duttile	3
TERRENO	O	terreno omogeneo attraversato dalla tubazione	0
"	NO	terreno non omogeneo attraversato dalla tubazione	20
"	L	terreno attraversato dalla tubazione soggetto a liquefazione	30
GIUNZIONE E DIAMETRO DEI TUBI	EL	giunzione elastica con tratti di tubazione lunghi	22
"	EC	giunzione elastica con tratti di tubazione corti	2
GIUNZIONE E DIAMETRO DEI TUBI	RP	giunzione rigida con tubi di piccolo diametro ( $\Phi < 400$ mm)	22
"	RG	Giunzione rigida con tubi di grande diametro ( $\Phi > 400$ mm)	45

Fig. 36 - Punteggi per la valutazione dell'indice di vulnerabilità.

La situazione morfologica del Comune di Roma ha determinato la ripartizione del territorio cittadino in separate «zone idriche», con quote di servizio contenute entro limiti convenienti. Tale suddivisione risulta altresì opportuna se si considera che gli impianti idrici di distribuzione non si prestano a modifiche e adattamenti di agevole attuazione.

I grandi acquedotti che alimentano la città presentano quote di arrivo che si aggirano sui 130 m s.l.m., superiori pertanto alle quote di servizio di gran parte della città, consentendo di giovare dell'energia potenziale che l'acqua possiede riducendo l'onere del sollevamento mediante pompaggio. Ciò consente, tra l'altro, in caso di terremoto di non risentire dei disservizi indotti dall'eventuale danneg-

giamento della rete elettrica che alimenta il sistema di pompaggio stesso.

Lo schema distributivo generale risulta costituito da 43 zone idriche (fig. 37). Ogni zona idrica è dotata di una rete di distribuzione indipendente, servita da una «condotta alimentatrice» che parte da un «centro idrico di distribuzione» (tab. 7). Ciascun centro idrico fa capo ad una «condotta adduttrice» derivata dalla «vasca di arrivo» dell'acquedotto. Lo schema planimetrico è quindi caratterizzato da un notevole numero di centri idrici dislocati entro il perimetro della città, ciascuno a servizio di una o più zone idriche, le quali a loro volta sono servite da uno o più centri, con possibilità di scambi tra zone attigue sia per consentire aggiustamenti nella distribuzione sia per sopperire

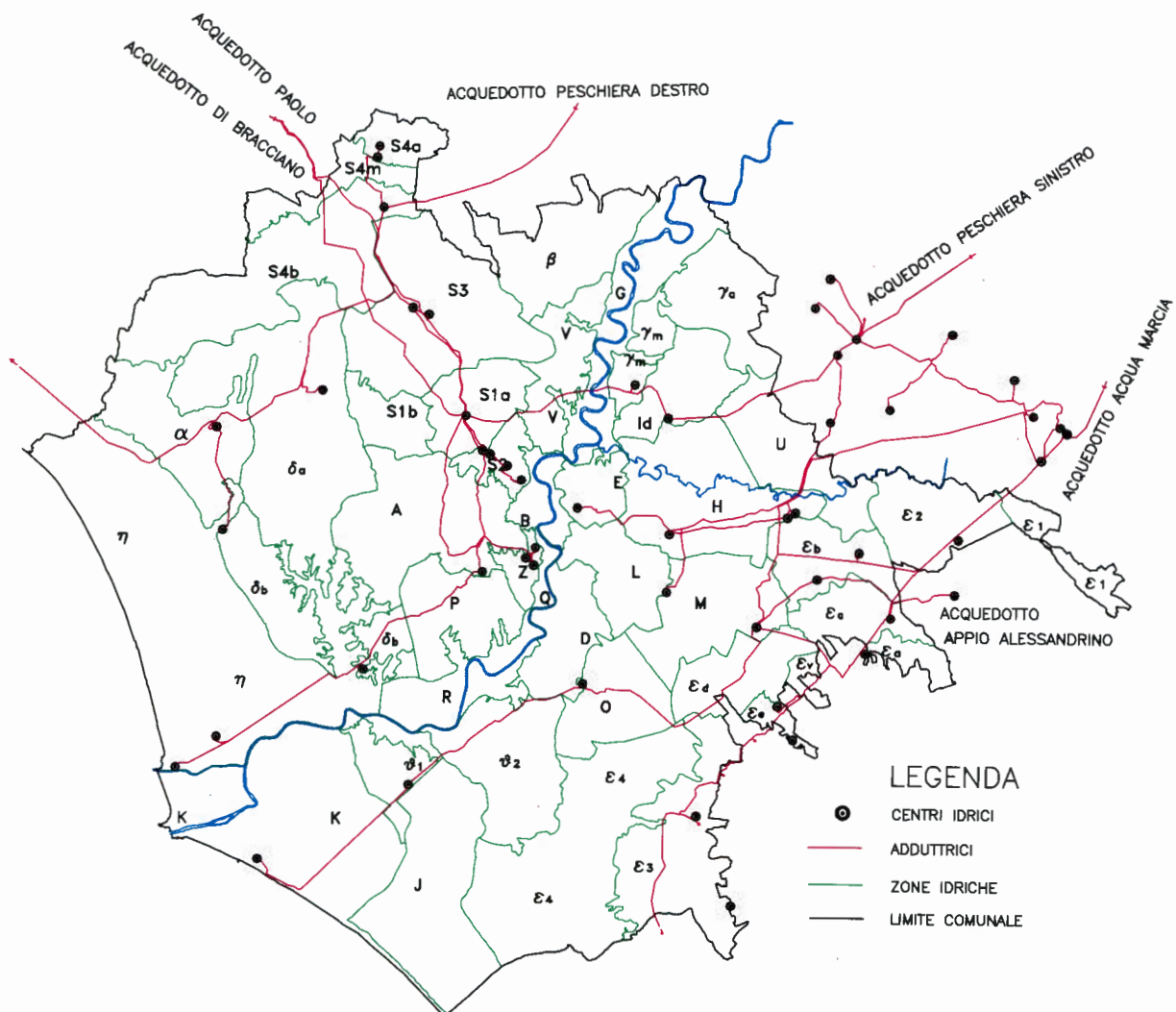


Fig. 37 - La rete idrica nel Comune di Roma (fonte: ACEA).

ad eventuali danneggiamenti di uno qualsiasi dei settori di rete.

Tra questi si evidenziano le zone E ed L che, essendo sostanzialmente collegate ad un solo centro idrico, risulterebbero maggiormente penalizzate in occasione di un terremoto che comprometta la funzionalità dei centri idrici relativi.

TAB. 7 - Zone e Centri Idrici

CENTRI IDRICI	ZONE	SERBATOI	
		n.	mc.
Monte Mario	E	4	145.180
Madonna del Rosario	B	1	6.400
Gianicolo	Q-D	1	7.800
Villa Panphili	Q-D	2	41.000
Villa Umberto	B	1	2.000
Casilino	L	1	35.000
EUR	D	2	23.700
TOTALE nel Comune	—	39	415.118

Fonte: ACEA - 31.12.1993.

Il centro storico di Roma è servito dalle condotte alimentatrici e dalle reti di zona (fig. 33), mentre non è interessato dai tracciati della rete di adduzione poiché i centri idrici preposti all'approvvigionamento di questa parte della città, sono ubicati esternamente, o quasi, al suo perimetro.

La rete delle condotte adduttrici è completata da un grande anello che, con il tratto nord collega le vasche terminali degli acquedotti consentendo notevoli trasferimenti delle portate in arrivo, e con il tratto sud, attualmente in via di studio, collegherà le adduzioni a destra del fiume Tevere con quelle di sinistra.

Le condotte alimentatrici in uscita dai centri idrici alimentano la rete di distribuzione (tab. 8), indipendente per ogni zona idrica.

TAB. 8 - Consistenza delle Reti Idriche nel Comune di Roma

RETE DI ADDUZIONE		RETE DI DISTRIBUZIONE	
Ø mm	Km	Ø mm	Km
200-2.200	754,490	50-800	4.298,717

Fonte: ACEA.

Nel centro storico tali tubazioni sono state realizzate per lo più in ghisa con giunti a bicchiere e, da notizie raccolte presso l'Accea, gran parte di esse sono posate in gallerie sotterranee.

La rete è dotata di un impianto di telecontrollo che collega i centri di distribuzione con la Sala Operativa Centrale, attuando la gestione unificata e centralizzata di tutto il sistema idrico. In tal modo è possibile conoscere in tempo reale le condizioni di esercizio e quelle di funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche, con benefici sulla tempestività, rapidità e sicurezza nell'intervento in caso di danneggiamento. L'impianto è del tipo a posto unico centrale, collegabile con 150 posti periferici ed è in grado di gestire 1100 misure, 2400 allarmi, 3000 comandi, 3500 segnali.

## 5.2 LA RETE ELETTRICA

Il servizio di distribuzione dell'energia elettrica viene svolto nella città di Roma in modo paritetico dall'Enel e dall'Accea. Per le due reti elettriche, le problematiche sono simili tra loro.

Negli incontri con i tecnici delle aziende è stata espressa da questi la sostanziale sicurezza dei rispettivi sistemi. Tali reti potrebbero risultare vulnerabili ai terremoti eventualmente in relazione al danneggiamento delle costruzioni più che dei componenti o dei rami della rete. In tale ottica la porzione di rete a maggior rischio risulterebbe quella in bassa tensione che alimenta l'utenza.

Per le cabine di trasformazione c'è da distinguere tra le sezioni all'aperto e quelle al chiuso di edifici (peraltro non soggetti a normativa sismica nell'area di Roma), e tra quelle tradizionali e quelle blindate (queste ultime caratterizzate sismicamente).

I componenti di impianto non sono generalmente qualificati in relazione al rischio sismico, ad esclusione delle cabine blindate. Per i vari componenti di impianto, in via generale, può supporre un comportamento diverso sotto terremoto. Per esempio vi può essere il rischio di ribaltamento per i trasformatori non ancorati o la rottura per fragilità dei componenti ceramici dovuta alle azioni sismiche. Nessun approfondimento è stato effettuato, nel presente lavoro, in relazione al presumibile input sismico attendibile nell'area romana. Da notizie raccolte presso l'Enel non risulta siano stati adottati particolari accorgimenti, anche perchè esistono adeguate riserve in campo, che consentono un ripristino sufficientemente rapido del servizio.



La qualificazione sismica degli elementi di impianto quali sezionatori, interruttori, cabine blindate è comunque una problematica, di attualità e sono disponibili metodologie di prova di tali apparati (ZOLA & SALVETTI, 1988; BARGIGLIA *et alii*, 1992; MACARLI & ZOLA, 1988).

Nel seguito vengono analizzate in dettaglio le reti primarie gestite dall'Acqa e dall'Enel.

L'Acqa dispone di una rete elettrica di trasporto e distribuzione primaria dell'energia che si sviluppa sul territorio del Comune di Roma e di comuni limitrofi, estendendosi fino alla provincia di L'Aquila, Chieti e Terni, ove sono ubicate le centrali di produzione (fig. 38). Tali centrali sono costituite da quattro centrali idroelettriche e due centrali termoelettriche con turbine a gas.

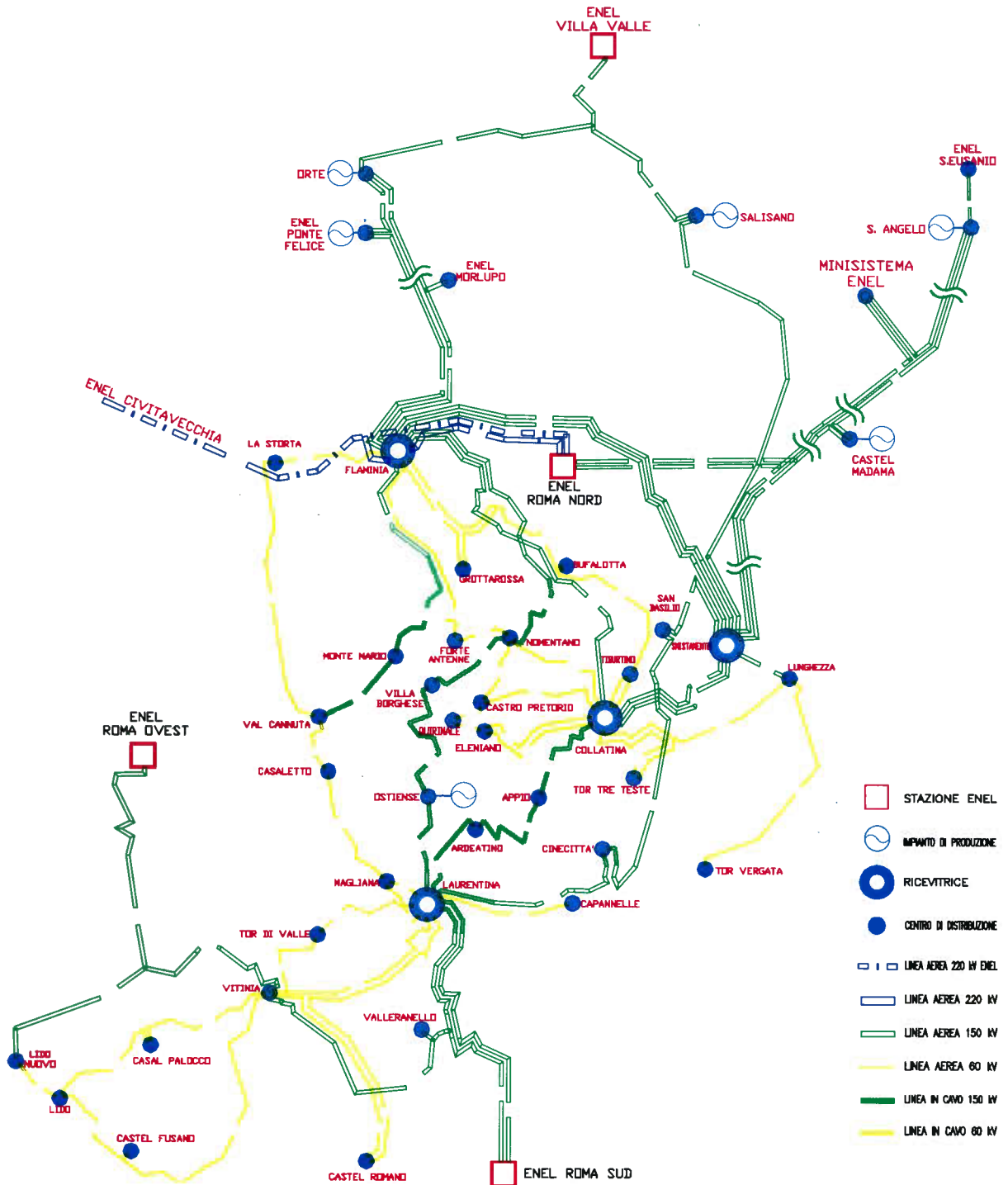


Fig. 38 La rete elettrica ACEA (fonte: ACEA).

Le centrali idroelettriche hanno una potenza installata di circa 85 MW, mentre le centrali turbogas hanno una potenza installata di circa 90 MW. La potenza complessivamente installata nelle centrali è pari a circa il venti per cento della potenza totale immessa nella rete ad alta tensione (AT), che assume valori dell'ordine di 800 MW.

La rete ha struttura magliata, cioè ogni centro di distribuzione può essere alimentato da due o tre linee, così che l'indisponibilità di una di esse non pregiudica il regolare svolgimento del servizio elettrico.

Le linee elettriche sono essenzialmente di due tipi:

- linee aeree;
- linee in cavi interrati.

La rete AT, secondo la tensione nominale di funzionamento, è all'incirca così composta:

- linee aeree 220 KV	8 Km.
- linee aeree 150 KV	600 Km.
- linee aeree 60 KV	170 Km.
- linee in cavo 150 KV	50 Km.
- linee in cavo 60 KV	50 Km.

Ogni centro di distribuzione è collegato a due linee di alta tensione ed è provvisto di due o tre trasformatori che provvedono ad abbassare la tensione dal livello 150 KV (o 60 KV) ai livelli 20 KV, 8,1 KV, che sono le tensioni normalizzate della rete di distribuzione a media tensione. Le apparecchiature a media tensione sono sempre ospitate all'interno di un fabbricato, mentre quelle ad alta tensione sono all'aperto oppure, più raramente all'interno (blindate). I trasformatori principali sono quasi sempre installati all'aperto.

Nel centro storico di Roma (fig. 32) sono ubicati tre centri di distribuzione (Castro Pretorio, Eleniano, Quirinale) alimentati alla tensione di 60 KV. I primi due sono equipaggiati con tre trasformatori principali di potenza unitaria 17,8 MVA; nel terzo invece, sono installati due trasformatori della medesima potenza. Questi impianti e l'ultimo in particolare, alimentano un bacino di utenza nel quale ricadono alcune tra le principali istituzioni pubbliche, sedi diplomatiche, istituti di credito, etc.

Nel centro storico sono presenti solo linee elettriche costituite da cavi interrati, per ovvie ragioni estetiche e di sicurezza. Tali linee, che insistono in tutto o in parte sul territorio considerato, sono le seguenti:

- 60 KV Quirinale - Eleniano;
- 60 KV Quirinale - Castro Pretorio;
- 60 KV Castro Pretorio - Collatina (breve tratto);
- 60 KV Eleniano - Collatina (breve tratto);
- 60 KV Castro Pretorio - Nomentano (breve tratto);
- 150 KV Ostiense - Villa Borghese.

Le prime quattro linee sono costituite da cavi con isolamento in gomma, mentre gli ultimi due sono ad olio fluido.

Le linee sono costituite da tre cavi unipolari collocati direttamente nel terreno ad una profondità variabile tra 1,2 e 1,58 m dalla superficie. I cavi sono di regola disposti alla distanza di circa 25 cm tra loro e vengono posati generalmente al di sotto di piani definiti stabili, quasi sempre costituiti da superfici di strade. In qualche caso i cavi sono posati in gallerie di servizi.

L'Enel dispone di una rete elettrica di trasporto e distribuzione primaria dell'energia che si sviluppa sul territorio del Comune di Roma, costituita attualmente da sistemi a 220, 150, e 60 KV, alimentati da tre stazioni periferiche: Roma Nord, Roma Ovest, Roma Sud e dal nodo di Cinecittà (fig. 38). Tali stazioni sono a loro volta inserite nel sistema di distribuzione nazionale a 380 KV e sono alimentate principalmente dagli impianti di produzione dell'area di Civitavecchia.

Il centro storico è attraversato solo dagli elettrodotti a 220 e 60 KV (fig. 32) e solo due cabine primarie che alimentano l'area in esame (tab. 9). Lo schema di alimentazione da cui si dipartono le linee MT (media tensione) è il seguente:

- impianti a 220 KV: le cabine primarie alimentate sono S. Paolo e Piazza Dante e sono inserite sulla congiungente Roma Sud-S. Paolo-Piazza Dante-Tiburtina realizzata con cavi in olio fluido (tranne per un tratto sul lato Roma Sud in conduttori nudi su sostegni a traliccio);

- impianti a 150 KV: tali impianti se pure ubicati esternamente al centro storico interessano diverse aree ricadenti al suo interno. Le cabine primarie Gianicolo e Flaminia sono inserite sulla congiungente Roma Ovest - Gianicolo - Monte Mario - Flaminia - Parioli - Prati Fiscali - Sira - Roma Nord, realizzata con cavi ad isolamento solido (gomma), tranne per l'ultima tratta, lato Roma Nord, in linea aerea in conduttori nudi con sostegni a traliccio;

– impianti a 60 KV: la cabina di Astalli è collegata alla cabina primaria di S. Paolo (inserita sulla dorsale Roma Sud - Roma Nord), con due alimentatori in cavo ad olio fluido.

Le cabine di S. Paolo, Porta Pia, Re di Roma, pur non essendo ubicate nel centro storico alimentano buona parte del suo territorio. Le cabine primarie dell'Enel sono realizzate con apparecchiature isolate «in aria» anche se in questi ultimi anni, per varie esigenze, sono state realizzate apparecchiature unificate blindate, isolate in esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) per le sezioni AT e MT. Tali apparecchiature blindate sono qualificate sismicamente in previsione di alti valori di sollecitazione (0,5 g di accelerazione al suolo).

L'Enel ha provveduto a realizzare due centri operativi destinati alla supervisione e al telecontrollo degli impianti AT e MT.

TAB. 9 – Tipologia impianti di trasformazione Enel

Denominazione impianto	Tipologia di impianto	Strutture edili	Quadro AT	Quadro MT
S. Paolo	Se. AT all'aperto Sez. MT/BT edificio fuori terra	Prefabbricato in ferro	Tradizionale	Tradizionale
Re di Roma	Parzialmente interrato	C.A.		Tradizionale
P i a z z a Dante	Interrato	C.A.	Blindato in SF <sub>6</sub>	Blindato in SF <sub>6</sub>
Astalli	Piano terra e interrato	Muratura tradizionale		Blindato in SF <sub>6</sub>
Gianicolo	Interrato	C.A.	Blindato in SF <sub>6</sub>	Blindato in SF <sub>6</sub>
Flaminia	Parzialmente interrato	C.A.	Blindato in SF <sub>6</sub>	Blindato in SF <sub>6</sub>
Porta Pia	Piano terra e seminterrato	Muratura tradizionale		Blindato in SF <sub>6</sub>

Fonte: ENEL.

### 5.3 – LA RETE DEL GAS

Il danneggiamento delle reti del gas può rappresentare un problema di notevole entità per le conseguenze connesse al rischio di incendio, come evidenziato nel recente terremoto nell'area di Los Angeles (O'ROURKE & PALMER, 1994). In caso di danneggiamento esteso per forti terremoti, è stata evidenziata la generale tendenza ad un eccessivo ritardo nel ripristino del servizio, a causa della complessità del sistema e per la dimensione dei lavori

di ripristino. Per la dimensione degli eventi attesi e del conseguente danneggiamento sono stati messi a punto, in Giappone, alcuni piani e procedure per la pianificazione degli interventi post-terremoto (KANO *et alii*, 1992).

In generale, per quanto riguarda le reti, uno dei principali problemi è quello relativo alla possibilità di intercettazione e chiusura del flusso lungo la rete, a seguito di eventi sismici, per prevenire possibili incidenti. In particolare il fenomeno di sovrappressione in una rete di distribuzione in BP (bassa pressione) è tra i più pericolosi, in quanto può interessare in brevissimo tempo, migliaia di utenze.

La conformazione della rete di distribuzione di Roma consente di intercettare in tempi relativamente contenuti le condotte presenti nella zona oggetto di eventuale risentimento sismico.

La società di gestione ha utilizzato tubazioni che presentano caratteristiche meccaniche di resistenza tali da consentire di seguire senza rotture né sfilamenti il movimento del terreno causato da terremoti anche di rilevante entità. Ciò è garantito dal buon contatto tra terreno e parete esterna della tubazione e da una posa in opera eseguita con particolare cura.

La rete del gas di Roma, sostanzialmente presenta magliature a livello dell'alta e media pressione, consentendo diverse vie di alimentazione in caso di disservizio o danneggiamento di uno dei rami. Per la rete in bassa pressione, si distingue quella del centro storico (fig. 34), magliata, da quella periferica costituita da impianti configurati per lo più ad «antenna». Gli utenti di questi ultimi, sarebbero in caso di danneggiamento conseguente al terremoto, più severamente penalizzati.

L'attuale sistema di distribuzione del gas naturale si sviluppa su un territorio che interessa il Comune di Roma e cinque Comuni limitrofi: Grottaferrata, Frascati, Ciampino, Marino, Fiumicino con una estensione di circa 200 Km<sup>2</sup> (fig. 39). Il gas naturale viene prelevato direttamente dal sistema di trasporto nazionale dei metanodotti gestiti dalla società SNAM, tramite tre punti di prelievo denominati: Marco Simone, Vitinia, Boccea. Presso tali punti il gas naturale è misurato, odorizzato (tetraidrotiofene 25-35 mg/mc), ridotto in pressione e, attraverso un semianello ad elevata capacità di trasporto, alla pressione di 24 bar max, raggiunge 54 cabine di riduzione intermedia dalle quali si diparte il primo stadio di trasporto interno alla pressione max di 5 bar e 1,5 bar.

Il gas è portato all'utenza finale per mezzo di un secondo sistema di distribuzione e di allacciamento, alla pressione di circa 0,02 bar, derivato da

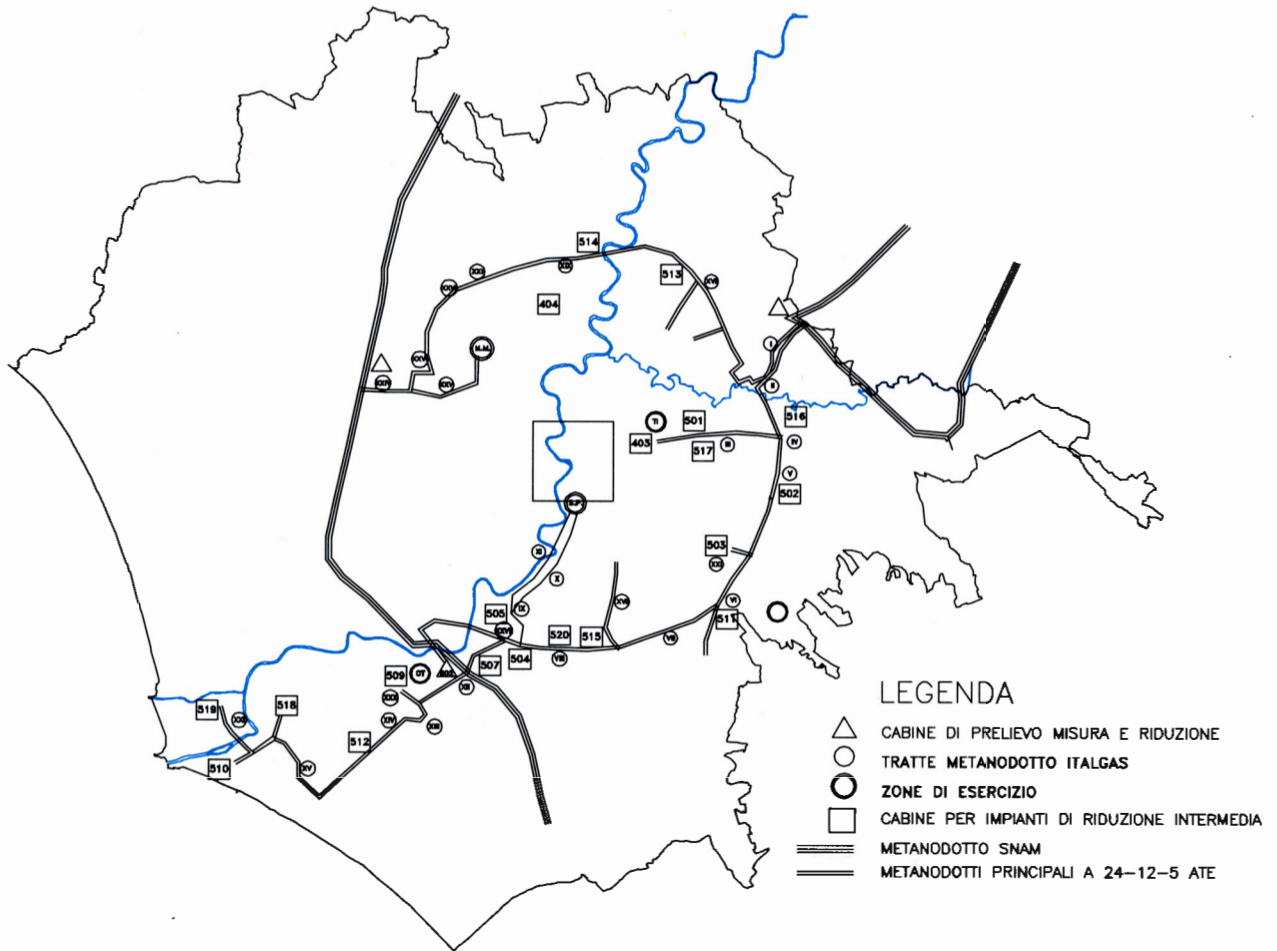


Fig. 39 La rete del gas nel Comune di Roma (fonte: ITALGAS).

quello di trasporto sopracitato, tramite punti di riduzione finale e riduttori di utenza. Il sistema di distribuzione alimenta in totale 1.114.000 punti gas e si sviluppa su un complesso di 4.125 Km.

La rete di distribuzione in bassa pressione è alimentata tramite circa 450 gruppi di riduzione finale, tra loro magliati, e circa 18.000 di riduzione di utenza; ulteriori 560 gruppi di riduzione finale alimentano direttamente importanti utenze industriali e civili. I punti di riduzione finale sono costituiti da apparecchiature contenute in manufatti metallici o in muratura, alcuni ubicati in aree recintate, altri, in particolare nel comune di Roma, in camerette interrate.

La rete di distribuzione del gas nel Comune di Roma è costituita da tubi in ghisa e in acciaio ed è descritta nella tab. 10. Nelle tubazioni in ghisa (ante 1966) la tenuta fra coda e bicchiere dei vari segmenti di tubazione (lunghezza 3/6 m) è realiz-

zata tramite canapa catramata trattenuta da piombo fuso o da lana di piombo ribattuta. Nelle tubazioni in ghisa (post 1965) o ghisa sferoidale (post 1971) (lunghezza media dei segmenti 4/6 m) la tenuta fra coda e bicchiere è realizzata tramite giunti meccanici con guarnizione elastica, pressata a mezzo di tiranti a vite, agente sul bordo del bicchiere.

TAB. 10 - Tipologie delle tubazioni della rete del Gas

DESCRIZIONE	Km	%
Ghisa con giunti canapa/piombo	900,0	21,82
Ghisa con giunti meccanici	55,8	1,40
Ghisa sferoidale con giunti meccanici	20,0	0,48
Acciaio con giunti saldati	2.989,2	72,40
Polietilene	160,0	52,20
TOTALE	4.125,0	100,00

Fonte: Società Italiana per il Gas.

Le giunzioni sulle tubazioni in acciaio (lunghezza dei segmenti circa 11m) sono realizzate con saldatura autogena.

Nelle zone centrali della città la rete di distribuzione è in massima parte costituita da tubazioni in ghisa con giunzioni a canapa e piombo.

Un complesso sistema di teleoperazioni sorveglia, tramite computer, il flusso del gas naturale nella rete di trasporto e di distribuzione per mezzo di telemisure avviate ad un unico centro operativo da 126 punti di controllo.

Tale sistema accentra su S. Paolo il monitoraggio e il controllo remoto dell'interruzione degli impianti di prelievo e riduzione della pressione (75/24 bar) di M. Simone, Vitinia e Boccea. Per i gruppi di riduzione intermedia e finale, il telecontrollo funziona esclusivamente per il monitoraggio, mentre l'interruzione viene effettuata, su allarme del centro controllo, dalle squadre ubicate a Montemario, Tiburtina e S. Paolo. Su tali gruppi, comunque, agisce una protezione intrinseca che interviene per effetto sia dell'abbassamento che innalzamento della pressione.

#### 5.4 - LA RETE TELEFONICA

La rete telefonica risulta anch'essa magliata, ad esclusione della parte finale che dalla centrale arriva all'utenza, con pesanti conseguenze in caso di danneggiamento della centrale stessa. Ogni centrale è invece collegata ad un'altra su almeno due percorsi diversificati che consentono la totale ridondanza solo per il traffico dati.

Nella rete telefonica del centro storico (fig. 27), tutte le centrali telefoniche di nuova costruzione sono progettate sismicamente, mentre per le più vecchie sono stati eseguiti interventi di ristrutturazione (fonte Telecom).

Nella configurazione impiantistica della rete, in funzione delle caratteristiche tecnologiche degli impianti, si possono distinguere tre principali componenti:

1) Rete di distribuzione e di accesso, ossia la parte più capillare della rete per il collegamento dalla sede di utente alla centrale locale di appartenenza. È costituita tradizionalmente da cavi in rame; la potenzialità in relazione alla rete terminale di allaccio agli edifici è di bassa capacità (50-100 coppie) o di elevata capacità (2000-2400 coppie) sulle dorsali di collegamento alla centrale di competenza. In questa parte della rete sono anche utilizzati in misura crescente nuovi mezzi trasmissivi quali con-

centratori e multiplex d'abbonato a bassa potenzialità (30 canali) ed alta potenzialità (480 canali), cavi in fibra ottica con struttura di raccolta sia tradizionale ad albero, che innovativa ad anello (capacità 50-400 fibre ottiche) e ponti radio. Le strutture in cavo di primaria alimentazione sono posate in manufatti sotterranei (canalizzazioni polifore) di proprietà Telecom o di altri gestori (Comune, etc.), mentre la rete terminale di accesso agli edifici è prevalentemente in trincea.

2) Impianti di commutazione, che realizzano la connessione utente - utente e utente giunzione (autocommutatori locali o urbani), ovvero la connessione giunzione - giunzione (autocommutatori di transito).

3) Rete di trasmissione per l'interconnessione dei nodi di commutazione, costituita da portanti (cavi in rame, fibra ottica, ponti radio), sistemi trasmissivi ed apparati.

Con riferimento agli aspetti più tecnici connessi all'impatto delle nuove tecnologie, è da osservare che l'ammodernamento e la numerizzazione delle infrastrutture di commutazione-trasmissione hanno costituito un requisito di base per l'effettivo miglioramento delle caratteristiche di qualità ed affidabilità a tutti i livelli di rete.

L'utilizzo di componenti elettronici e di strumenti informatici in tutti gli elementi di rete consente una rapida diagnosi dei malfunzionamenti, una efficace controllabilità dei sistemi ed una tempestiva attuazione degli interventi correttivi con l'ausilio di sistemi centralizzati di supervisione e di controllo.

La rete metropolitana di Roma, entro il grande raccordo anulare, è costituita da 65 centrali urbane (al 31.12.1993) e 6 interurbane. Gli abbonati serviti in questo territorio sono 1.211.000 di cui il 91% collegati a centrali con tecnica numerica. Tutti gli autocommutatori sono tra loro interconnessi con cavi in fibra ottica che consentono sistemi di trasmissione ad alta velocità ed a basso tasso di errore.

La rete di distribuzione e di accesso, essendo caratterizzata da risorse dedicate al singolo utente, è la parte di infrastruttura ove più difficile e costosa risulta l'adozione di criteri di protezione, specie per quanto concerne i portanti.

L'elevata capacità trasmissiva dei sistemi su fibra ottica ha imposto la realizzazione di strutture altamente protette. Ogni centrale è collegata alle altre mediante sistemi trasmissivi su almeno due percorsi diversificati, ognuno dei quali porta il 50% del traffico. Per il traffico dati invece vi è la totale ridondanza (100%).

L'evento di totale fuori servizio di una centrale urbana comporta sulla rete di base pesanti conseguenze in quanto tutti gli utenti ad essa collegati mediante la rete di distribuzione, non hanno più accessibilità al sistema. Invece ogni centrale interurbana di grandi dimensioni, potendo agire a livello di struttura e di instradamento di traffico, è stata collegata a due nodi interurbani con ripartizione del carico di traffico su due vie trasmissive diversificate.

Tra le principali caratteristiche richieste ad una moderna rete di telecomunicazioni vi è la possibilità di essere difesa da eventi di qualsiasi origine che tendano a ridurre la capacità ed il livello di presta-

zioni offerte. Tali eventi possono essere interni al sistema in quanto insiti nella tecnologia con la quale vengono realizzati i vari componenti delle reti, oppure esterni ad esso in quanto provocati dagli utilizzatori o dal gestore o infine dovuti ad eventi naturali come terremoti, alluvioni, incendi.

Le caratteristiche di affidabilità e sicurezza della rete rivestono un ruolo rilevante nella costruzione della «qualità globale» del sistema di telecomunicazioni. A tal fine vengono tenute disponibili strutture di pronto impiego, opportunamente dislocate sul territorio, con procedure di verifica della loro funzionalità per sopperire alle esigenze che si possono presentare.