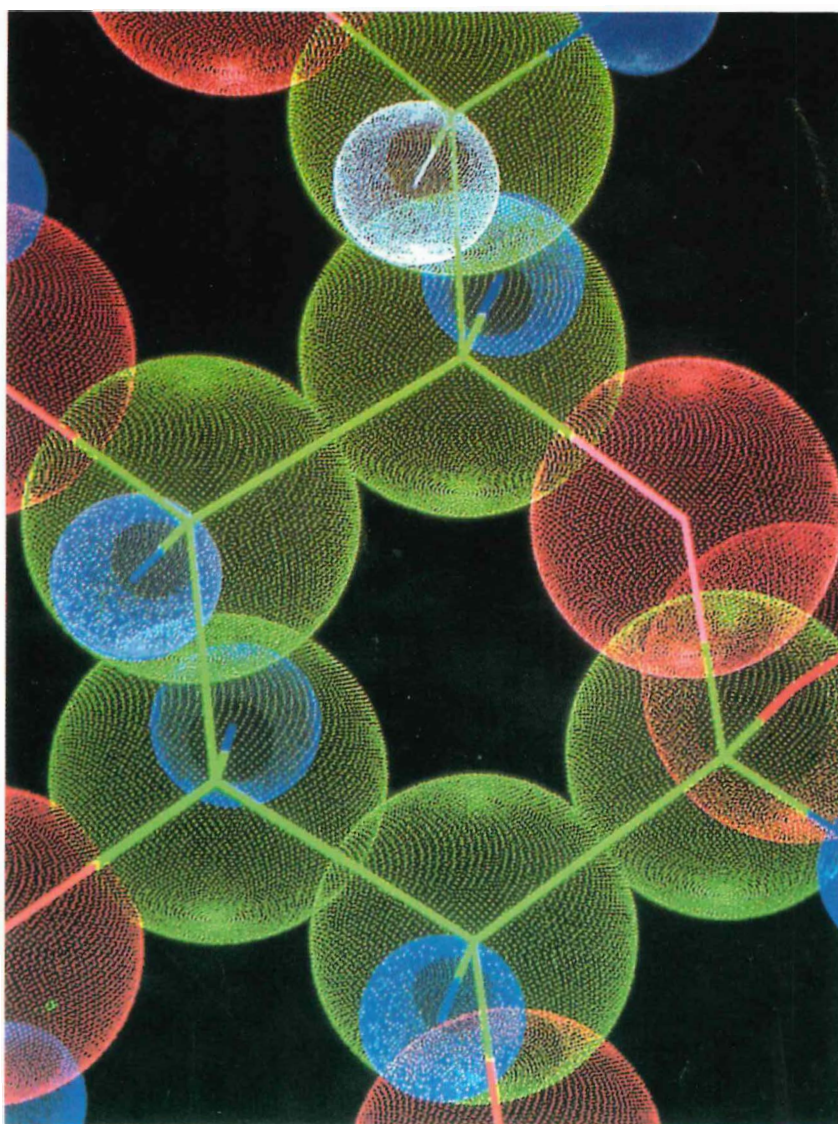


Il paradigma del policentrismo Conoscenza e trasformazione del territorio lombardo

a cura di Anna Moretti



**quaderni del Dipartimento
di scienze del territorio
Franco Angeli**

Nei confronti della conoscenza del territorio la ricerca ha compiuto in questi ultimi anni avanzamenti importanti che si possono sintetizzare nella progressiva selettività degli sguardi, che sempre di più tentano di cogliere in una geografia, apparentemente omogenea e commista insieme, delle forme e delle strutture rilevanti intorno alle quali organizzare diverse modalità di intervento.

Si tratta dunque di approcci fortemente interpretativi, che legano l'osservazione all'uso che ne potrà essere fatto, secondo un'ottica che non è mai indifferente o genericamente descrittiva, ma decisamente orientata secondo quelli che possiamo definire dei "paradigmi" di lettura.

Tra questi, i più frequentemente utilizzati negli ultimi anni sono quello ambientale, tra conservazione e trasformazione, quello infrastrutturale, tra mobilità e territorio, quello insediativo, tra forme sociali e assetti fisici.

Il paradigma interpretativo utilizzato in questa ricerca è il riconoscimento delle forme e delle strutture del "policentrismo" nell'organizzazione territoriale, come approccio trasversale rispetto ad altri più consolidati, per mettere in luce e fare emergere le diverse e molteplici componenti di tale fenomeno: perché di fenomeno complesso si tratta, e non affrontabile univocamente, in quanto il policentrismo è connotato sicuramente da componenti stabili, la pluralità, la relazionalità, la consistenza, l'identità, l'interattività, ma altresì da molte declinazioni variabili, rispetto ai nodi, rispetto ai territori, rispetto agli attori, in base ai caratteri che specifiche esplorazioni consentono di rilevare.

Quello delle esplorazioni è stato il cardine del lavoro svolto: ricercatori diversi hanno messo in campo sullo stesso territorio, l'area vasta milanese, metodologie di approccio differenti come lenti che di volta in volta mettevano a fuoco o rendevano opachi elementi diversi secondo gli interessi e le competenze di ciascuno, all'interno di un quadro di coerenze restituito nell'introduzione dal curatore.

Ne sono apparse diverse interpretazioni e rappresentazioni del policentrismo lombardo: come insieme di centri (De Bernardi), come contestualizzazione locale di infrastrutture globali (Pucci), come maglia di nodi di interconnessione (Villani), come rete di sistemi areali, urbani (Binaghi) e produttivi (Zuffi), come interazione di sistemi attoriali (Tessitore), come nuclei di emergenza morfologica (Bini).

Sono emerse conclusioni che il proseguire della ricerca dovrà sviluppare: dal punto di vista della conoscenza territoriale, un quadro composito di vecchie e nuove centralità che mostrano l'evoluzione del sistema dal rafforzamento tra il centro e gli apici delle radiali, verso connessioni e integrazioni trasversali; dal punto di vista della trasformazione, la varietà delle politiche che possono essere messe in campo, esogene ed endogene, infrastrutturali e urbanistiche, per procedure o per progetti, da concertare strategicamente o da comporre in un quadro di piano, ma sempre sotto il segno di quella "molteplicità" che la pluralità delle forme e delle strutture del territorio suggeriscono.

Anna Moretti, insegna analisi dei sistemi urbani e territoriali presso la facoltà di architettura del Politecnico di Milano, ed è membro del collegio docenti del dottorato e della scuola di specializzazione del dipartimento di scienze del territorio. Da parecchi anni il suo lavoro teorico, come la sperimentazione sul campo, si sviluppa nel settore del sistema relazionale e dei suoi rapporti con il territorio, intendendo questi rapporti sia al "discreto", da cui derivano studi in materia di nodi e reti, di luoghi della interconnessione e di policentrismo, sia al "continuo", da cui discende l'interesse per la pianificazione d'area vasta, per il progetto di strade, per la mobilità territoriale.

Su questi temi conduce ricerche in ambito nazionale e internazionale, collabora con amministrazioni pubbliche e ha prodotto numerosi libri, saggi e articoli su testi e riviste italiani e stranieri.

Ha pubblicato per i nostri tipi: *Le strade, un progetto a molte dimensioni* (1996).

**Il paradigma del policentrismo
Conoscenza e trasformazione
del territorio lombardo**

a cura di Anna Moretti

**quaderni del Dipartimento
di scienze del territorio
Franco Angeli**

Autori

Laura Binaghi, architetto, è specializzata in scienze e tecniche dei sistemi per la mobilità presso il Mip-Politecnico di Milano. Ha partecipato all'elaborazione di alcuni piani urbani del traffico in collaborazione con il Dst ed ha collaborato allo studio di riqualificazione delle linee ferroviarie delle Province di Bergamo, Brescia e Cremona. Attualmente svolge attività professionale a Milano in tema di trasporti e territorio.

Maria Novella Bini, architetto, ha collaborato all'attività didattica e di ricerca del Dst soprattutto sulle tematiche relative all'analisi ed alla progettazione della morfologia urbana e territoriale, sviluppando questi interessi anche nella libera professione. Attualmente lavora a diversi progetti di pianificazione urbana e paesistica presso un comune dell'area nord-milanese.

Andrea Debernardi, ha conseguito la laurea in ingegneria civile presso il Politecnico di Torino ed il dottorato di ricerca in Pianificazione territoriale e ambientale presso il Politecnico di Milano. Ha partecipato, con dipartimenti universitari ed istituti privati, a diverse ricerche, interessandosi del rapporto fra trasporti, territorio ed ambiente. Da alcuni anni svolge attività professionale collaborando con enti pubblici, organismi ministeriali e con studi di progettazione e società di consulenza.

Valeria Erba, architetto, è ordinario di Urbanistica presso il Politecnico di Milano di cui è stato prorettore vicario dal 1994 al 1997. Ha diretto il Dipartimento di Scienze del territorio dal 1981 al 1995. Membro effettivo dell'Inu dal 1972 e del comitato di redazione della rivista «Territorio», ha pubblicato numerosi libri e saggi su riviste italiane e straniere su temi di pianificazione urbanistica e territoriale, con particolare riferimento all'area metropolitana milanese.

Paola Pucci, architetto, dottore di ricerca in Pianificazione territoriale, è assegnista di ricerca presso il Dst e professore a contratto presso la Facoltà di architettura del Politecnico di Milano. Svolge, da alcuni anni, attività di ricerca sui temi dell'interazione trasporti-territorio e del ruolo dell'interconnessione nell'organizzazione del territorio. Ha pubblicato i risultati delle ricerche condotte, in raccolte di saggi e in diverse riviste italiane e straniere.

Paola Tessitore, è dottoranda in Pianificazione territoriale e ambientale presso il Politecnico di Milano. Ha condotto la tesi di laurea sui problemi della coordinazione tra gli attori della pianificazione nella realizzazione dei grandi progetti infrastrutturali. Il suo ambito di ricerca sono le politiche e i progetti di trasformazione del territorio con una specifica attenzione agli attori protagonisti, al loro ruolo concreto nei processi di piano, ai vincoli del sistema istituzionale in cui agiscono.

Paola Villani, architetto, è responsabile tecnico del Laboratorio Pianificazione nodi-reti del Dst. Ha partecipato alla redazione di piani urbani del traffico e svolge ricerche nel campo dei trasporti urbani a scala vasta utilizzando analisi di rete, modelli matematici e conducendo valutazioni di impatto visivo.

Renata Zuffi è dottoranda in Pianificazione Territoriale e ambientale presso il Politecnico di Milano. Nel suo lavoro di ricerca si è occupata principalmente del rapporto globale/locale nella descrizione e interpretazione del territorio d'area vasta nei suoi aspetti geografici e socio-economici. Ha in particolare approfondito le relazioni tra territorio e sistemi locali di sviluppo, territorio fisico e identità territoriale, territorio sovrallocale ed esperienze di pianificazione provinciale e regionale.

Questo volume presenta alcuni risultati della ricerca Murst di interesse nazionale «Conoscenza e azione in urbanistica», responsabile nazionale Francesco Karer, responsabile della sede di Milano, dove la ricerca è stata svolta, Valeria Erba; responsabile dell'unità direttiva sul policentrismo, Anna Moretti. La pubblicazione è stata finanziata con il contributo di tale ricerca.

Editing: Elena Gorla

In copertina: la molecola dell'insulina.

Copyright © 1999 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

Edizione							Anno								
1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, non autorizzata. Per legge la fotocopia è lecita solo per uso personale *purché non danneggi l'autore*. Ogni fotocopia che eviti l'acquisto di un libro è illecita ed è punita con una sanzione penale (art. 171 legge n. 633/41). Chi fotocopia un libro, chi mette a disposizione i mezzi per fotocopiare, chi comunque favorisce questa pratica commette un furto e opera ai danni della cultura.

Stampa: Tipomozza, via Merano 18, Milano.

I lettori che desiderano essere informati sulle novità pubblicate dalla nostra casa editrice possono scrivere, inviando il loro indirizzo a: "FrancoAngeli, viale Monza 106, 20127 Milano" (e.mail: fangeli@tin.it) o consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it ordinando poi i volumi desiderati alla loro libreria preferita.

Indice

Presentazione. Conoscenza-azione nel campo dell'area vasta, di Valeria Erba	pag. 7
1. La scala vasta, ambito specifico di conoscenza e azione	» 7
2. Il policentrismo, una chiave di lettura dell'organizzazione territoriale insediativa	» 7
3. Trasferibilità delle conoscenze relative al policentrismo negli strumenti e nelle pratiche della pianificazione	» 8
Introduzione: il quadro della ricerca, di Anna Moretti	» 9
1. Il policentrismo, un tema di area vasta	» 9
2. Lo sviluppo del tema, un quadro conoscitivo	» 10
3. Le interpretazioni del policentrismo	» 11
4. Gli indirizzi di azione	» 22
5. Prime conclusioni	» 23
Riferimenti bibliografici	» 24
La strutturazione delle centralità nell'area milanese: variazioni e permanenze, di Andrea Debernardi	» 25
1. Premessa	» 25
2. Uno sguardo di lungo periodo: le strutture di centralità dall'Ottocento ad oggi	» 28
3. Accentramento e decentramento delle funzioni metropolitane (1951-1991)	» 33
4. Gerarchie ed interdipendenze fra centri (1951-1991)	» 40
5. Osservazioni conclusive	» 45
Note	» 48
Riferimenti bibliografici	» 48
Nodalità emergenti, tendenze insediative e programmi infrastrutturali nell'area milanese: verso un possibile assetto policentrico?, di Paola Pucci	» 51
1. Nodalità emergenti e relazioni con le dinamiche insediative in un ambito significativo dell'area milanese	» 51
2. Logiche di sviluppo locale <i>versus</i> programmazione infrastrutturale	» 59
3. Alla ricerca di forme di congruenza tra progetti infrastrutturali e dinamiche insediative	» 65
Note	» 68
Riferimenti bibliografici	» 69
Tavole a colori	» 73
Individuazione della rete e dei nodi dell'interconnessione trasportistica nel territorio lombardo: le misure di forme e di gerarchia nell'assetto viabilistico e ferroviario, di Paola Villani	» 81
1. Obiettivi	» 81
2. Stime relative alle reti viabilistiche: misure globali e misure di forma	» 81

3. Misure di gerarchizzazione dei nodi o misure di centralità	pag. 83
4. Individuazione delle sottoreti e interpretazione delle relative misure globali e di forma	» 85
5. Stime relative alle reti ferroviarie: misure globali e misure di forma	» 87
6. Misure di gerarchizzazione dei nodi nella rete ferroviaria regionale e nella provincia estesa	» 88
7. Considerazioni di confronto tra la rete viabilistica e la rete ferroviaria	» 90
8. Conclusioni sui nodi di polarizzazione viabilistica e ferroviaria	» 92
Note	» 93
Riferimenti bibliografici	» 94

Sistemi urbani polarizzati e connessioni reticolari nell'area milanese, di Laura Binaghi	» 95
1. Introduzione	» 95
2. I sistemi urbani polarizzati	» 95
3. I reticoli territoriali	» 98
4. Una lettura incrociata	» 102
5. Breve traccia per le politiche di pianificazione	» 103
Note	» 103
Riferimenti bibliografici	» 103

Distretti industriali, economia diffusa, società locale: un possibile policentrismo, di Renata Zuffi	» 105
1. Premessa	» 105
2. Distretti industriali, economia diffusa e società locale come possibile forma di «policentrismo territoriale»	» 105
3. Situazione normativa: legge nazionale, Regione Lombardia e sistemi locali di sviluppo	» 107
4. Ambiti locali a economia diffusa e programmi di sviluppo	» 109
5. Questioni problematiche e definizioni di significati intorno alla prospettiva policentrica	» 110
6. Il sistema policentrico dei distretti della Provincia di Milano	» 116
Note	» 123
Riferimenti bibliografici	» 123

Policentrismo e interazione tra attori, di Paola Tessitore	» 125
1. Introduzione	» 125
2. I casi di studio	» 126
3. Una annotazione conclusiva sull'importanza della riflessività sociale, come condizione alla costruzione di «politiche policentriche»	» 136
Note	» 141
Riferimenti bibliografici	» 143

Il disegno polinodale della regione sud milanese, di Maria Novella Bini	» 145
1. I contenuti della ricerca: inquadramento ed obiettivi	» 145
2. I caratteri di rilevanza morfologica e funzionale dei nodi di una rete territoriale	» 145
3. Le reti territoriali: una tipizzazione per caratteri morfo-funzionali	» 146
4. Le relazioni morfologiche e funzionali	» 148
5. Casi studio	» 153
6. Il disegno policentrico dell'area sud milanese: alcune indicazioni strategiche per la pianificazione	» 162
Note	» 165
Riferimenti bibliografici	» 166

Individuazione della rete e dei nodi dell'interconnessione trasportistica nel territorio lombardo: le misure di forma e di gerarchia nell'assetto viabilistico e ferroviario

Paola Villani

1. Obiettivi

Obiettivo generale del lavoro è quello di individuare i luoghi del territorio lombardo dotati di massima accessibilità dal punto di vista della viabilità e del trasporto pubblico su ferro: questo al fine di riconoscere quei poli cui sia possibile associare funzioni rilevanti, in relazione alle due tipologie di accessibilità rilevate, in termini di servizi e di funzioni alla scala sovracomunale.

A questo fine:

- vengono esplicitate alcune misure globali e di forma che discendono dalla teoria dei grafi e che sono state utilizzate in questa ricerca per comparare le reti viabilistiche e ferroviarie a due differenti scale territoriali, quella regionale e quella relativa alla provincia estesa corrispondente sostanzialmente a un'area di studio che include o coincide con quasi tutti gli ambiti dei lavori presentati in questo stesso testo. La rete viabilistica analizzata è quella relativa all'insieme costituito da tutte le autostrade, le strade statali e provinciali della regione.

La rete ferroviaria analizzata è relativa all'intero Servizio Ferroviario Regionale che si svolge sulle linee FS e FNM, comprensiva della rete metropolitana rappresentata dalle tre linee esistenti a Milano e dal Passante Ferroviario;

- vengono descritti alcuni indicatori geometrici utilizzati per la gerarchizzazione dei nodi delle differenti reti analizzate;

- vengono considerate alcune sottoreti appartenenti all'area più densamente edificata. Le sottoreti oggetto di analisi sono state fatte sostanzialmente coincidere¹ con gli ambienti insediativi evidenziati nella ricerca Itaten² nel tentativo di individuare nello stesso ambito territoriale, con metodologie differenti da quelle in essa utilizzate, tipologie di forme di reti che hanno prodotto processi di strutturazione insediativa similari: ad esempio le urbanizzazioni reticolari del Vimercatese, del Magentino e del Saronnese, le conurbazioni dell'Olonza e della Brianza Milanese;
- vengono comparate reti analoghe a diversa scala e reti differenti alla stessa scala.

La metodologia utilizzata fa riferimento alla teoria dei grafi³; tale strumento, di tipo matematico e analogico, è in grado di offrire un'elevata capacità descrittiva del sistema, oltre ad un elevato grado di malleabilità operativa: infatti vi sono svariati campi di applicazione, nei quali questo strumento è normalmente applicato e numerosi sono gli esempi dell'utilizzo di questa teoria per la rappresentazione di problemi di trasporto.

L'uso della teoria dei grafi consente di assegnare ad ogni elemento un valore che sia rappresentativo della grandezza in funzione dell'analisi che si vuole svolgere.

2. Stime relative alle reti viabilistiche: misure globali e misure di forma

Lo studio evidenzia il sistema infrastrutturale esistente in un'area di 23.859 kmq, per un totale di 1.546 comuni, nei territori delle province lombarde.

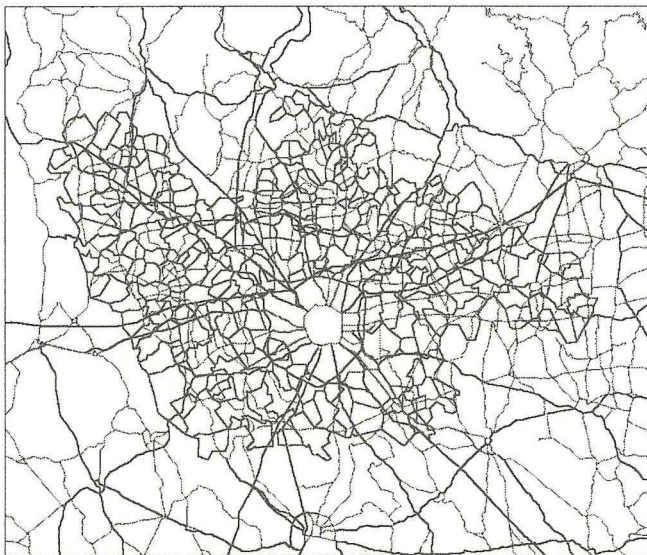
Sull'area così delineata si è costruito il grafo della viabilità⁴. Sono stati identificati come nodi della rete tutti i punti di intersezione tra gli archi (tutti gli incroci tra le statali, provinciali e gli ingressi/uscite delle autostrade). La rete regionale (tav. 1) risulta così costituita da 1.588 nodi e 3.067 archi.

La fig. 1 evidenzia il grafo infrastrutturale viabilistico e i confini comunali.

La rete viabilistica relativa alla provincia estesa (fig. 1), è così denominata poiché relativa all'intera provincia di Milano a cui è stata aggiunta l'area a nord, più densamente edificata. Tale rete è caratterizzata dalla presenza di 373 nodi e 726 archi.

Le misure che servono a descrivere le reti di trasporto nella loro globalità sono generalmente costruite come rapporti (frazionali) tra il sistema globale ed i suoi elementi individuali. Tali misure sono utili per confrontare diverse reti tra loro o una stessa rete con

Fig. 1 - Grafo della rete viabilistica relativa alla provincia estesa



assetto differenti dovuti all'inserimento di nuovi archi o nodi. Per l'analisi delle reti infrastrutturali gli indicatori utilizzati sono *misure globali* e *misure di forma*.

2.1. Interpretazione delle misure globali e comparazione tra rete regionale e provincia estesa

Le *misure globali* sono relative alla *connettività* e *complessità* della rete: le indicazioni relative alla *connettività* sono date dai rapporti fra nodi e archi, quelle relative alla *complessità* della rete sono rappresentative delle possibili connessioni e circuitazioni attivabili all'interno della stessa. Più una rete è complessa maggiore sarà il numero dei circuiti attivabili. Per individuare il *grado di connettività della rete* si sono calcolati:

- *Indice alfa* (α) o *indice di ridondanza dei circuiti*⁵: è il rapporto tra il numero osservato di circuiti (μ) ed il massimo numero di circuiti possibile. Varia da 0 a 1, essendo il valore minimo corrispondente ad alberi (grafi privi di circuiti) ed il valore massimo corrispondente a grafi completamente connessi. Per la regione ha un valore pari a 0,001⁶ e per la provincia estesa è più alto poiché pari a 0,005 e quindi indica il maggior grado di interconnessione rilevabile nella rete provinciale. Questo indice moltiplicato per cento fornisce una percentuale di connettività.

- *Indice beta* (β) o *indice di connettività*⁷: è il rapporto fra gli archi e i nodi della rete. Reti di trasporto con strutture complesse avranno un alto valore di β . I valori dell'indice vanno da 0 a 3: valori inferiori all'unità indicano alberi e/o grafi sconnessi; valori pari all'unità si registrano per reti dotate di un solo circuito, mentre valori superiori indicano una rete maggiormente connessa. L'aumento della connettività in un grafo sarà accompagnato da un incremento del numero degli archi e l'indice β assumerà valori numerici maggiori. È pari a 1,94 nella provincia estesa e 1,93 nella regione. Se si considera che il valore può oscillare tra 0 e 3 si nota che sono ambedue valori decisamente alti e indicano un ottimo grado di connettività globale dei sistemi viabilistici considerati. I valori pressoché uguali indicano la possibilità di confrontare significativamente i due grafi.

- *Indice gamma* (χ) o *indice di complessità*⁸: è il rapporto tra numero di archi nella rete e il massimo numero di archi ottenibile nella stessa rete. Il suo valore varia tra 0 e 1, rispettivamente per grafi nulli e grafi completamente connessi, è tanto migliore quanto più è alto. Per la provincia estesa il valore è 0,0104 e nell'intera regione è pari a 0,002: questo significa che, in relazione al numero di nodi presenti, la rete della provincia estesa si presenta molto più complessa di quanto non risulti essere il grafo regionale. Anche questo indicatore se moltiplicato per cento fornisce una percentuale di connettività.

- *Media gradi locali*⁹: precisiamo che il grado locale

fornisce la connettività del nodo attraverso il numero di archi incidenti ad esso e rappresenta il numero dei legami diretti partendo dal polo selezionato. La media dei gradi locali quindi è data dal rapporto fra la sommatoria dei gradi locali di tutti i nodi nella rete e l'effettivo numero dei nodi. Fornisce la media degli archi incidenti ad ogni nodo nella rete; è per questo una misura fondamentale della connettività in quanto, maggiore sarà il numero medio degli archi incidenti ai nodi della rete, maggiore sarà il numero di cammini da ogni nodo ad ogni altro. Nella regione è pari a 3,24, nella provincia estesa è più elevato e pari a 3,36.

- *Media gradi locali composti*: il grado locale composto fornisce la connettività del nodo attraverso il numero degli archi incidenti ad esso ed il numero degli archi incidenti ai nodi in prima adiacenza. Per la rete lombarda è pari a 13,94, nella provincia estesa è più elevato e pari a 15,06.

2.2. Interpretazione delle misure di forma e comparazione tra rete regionale e provincia estesa

Lo studio della *forma* è affrontato introducendo il concetto di *diametro* (numero minimo di segmenti che collegano i due nodi più distanti) e di *varianza* (somma degli scostamenti dei valori dal valore medio):

- *il diametro*¹⁰ di un grafo è il cammino più lungo rintracciabile nella matrice dei cammini minimi; il diametro rappresenta il numero di archi che devono essere percorsi per collegare tra loro i due nodi più distanti. In riferimento alle caratteristiche principali di rete precedentemente trattate, il diametro fornisce una misura correlata alla connettività ed alla struttura gerarchica nella rete. Per il grafo lombardo è pari a 83, nella provincia estesa è uguale a 33 in relazione alla diversa dimensione delle due reti. Questo indice però non soddisfa tutti i requisiti della teoria delle misurazioni poiché non tiene conto del chilometraggio effettivo e quindi è un indice debole per misurare le reti di trasporto. Per questo motivo abbiamo deciso di inserire tra i valori riportati nella tabella di sintesi l'effettiva distanza espressa in chilometri. Si osserva che gli 83 archi della rete regionale corrispondono a un percorso di 280 km e i 33 relativi alla provincia estesa si riferiscono ad un cammino più breve pari a 85 km. Questo dato consente di evidenziare un altro indicatore significativo dell'estensione reale delle reti osservate, ovvero la lunghezza media degli archi della rete. Se si considera che sono stati posti come nodi tutti i punti di intersezione tra le strade statali e provinciali si evince come il sistema infrastrutturale sia effettivamente molto denso, in particolare nella provincia estesa, in quanto la lunghezza media degli archi (distanza tra due nodi) è per la regione pari a 3.650 m e per la provincia di 2.120 m. Con un'osservazione quindi che esula solo parzialmente dall'analisi topologica della rete e che appartiene più alla modellistica dell'assegnazione dei flus-

si di traffico, appare chiaro come le *performance trasportistiche* degli archi considerati siano decisamente basse: infatti le capacità di servizio delle arterie dipendono in modo rilevante dalle intersezioni presenti sul tracciato. D'altra parte però un elevato numero di intersezioni consente all'utente di modificare il percorso ogni qualvolta vi sia un impedimento (incidenti, lavori in corso, ecc.) e quindi la rete risulta ben integrata al territorio.

- *Indice di Kansky*¹¹: è una misura di relazioni tra una rete di trasporto come globalità e tratti specifici della rete. È dato dal rapporto tra estensione complessiva della rete espressa in numero di archi e il suo diametro; questo indice varia in armonia con le modificazioni del livello di sviluppo infrastrutturale delle reti analizzate: è tanto migliore quanto più si discosta da 1 (rete ad albero) pertanto più alti valori verranno assegnati a reti di trasporto più complesse; questo indice fornisce delle indicazioni rilevanti circa la forma della rete analizzata: i grafi territorialmente estesi da nord a sud o da est a ovest, ottengono valori più bassi poiché hanno un diametro rilevante in relazione al numero complessivo degli archi che costituiscono la rete stessa, e pertanto appare evidente dall'osservazione dei valori ottenuti, come il grafo regionale abbia un valore pari a 36,95 mentre per la provincia estesa tale valore è pari a 22,0.

- *Varianza*¹²: confrontando tra loro reti diverse si possono riscontrare differenze anche significative nel livello di gerarchizzazione sia dei nodi che degli archi. Se diciamo che alcune sono più centralizzate di altre, ciò vuol dire che presentano diversi gradi di connettività nei nodi e, in genere, disuguaglianze nella qualità degli archi. Se si può affermare che il livello di centralità di un nodo è proporzionale al suo grado di connettività, cioè al numero di archi incidenti al nodo stesso, per misurare la centralizzazione di una rete si ricorre ad una misura di dispersione nella distribuzione di frequenza dei valori di connettività denominata appunto *varianza*. Questa si ottiene nel rapporto tra la sommatoria degli scarti quadratici delle differenze dei gradi locali dei singoli nodi della rete rispetto alla loro media (M_g) ed il numero effettivo dei nodi della rete. Evidentemente tanto maggiore sarà il valore della varianza, tanto maggiore sarà il grado di centralizzazione della rete, cioè il grado di disomogeneità della stessa (questo si verifica quando molti archi incidono su pochi nodi).

- *Varianza del grado locale*: il grafo corrispondente alla rete con estensione regionale presenta una varianza pari a 0,405, quello della provincia estesa pari a 0,269. Questo significa che nell'area centrale della regione la rete è complessivamente più omogenea¹³ e meno centralizzata. Il valore della varianza sull'intero grafo regionale indica invece una certa tendenza alla polarizzazione che con altri indicatori sarà poi evidenziabile nell'area più esterna.

- *Varianza del grado locale composto*: anche questo indicatore evidenzia la dispersione nella distribuzio-

ne di frequenza dei valori delle diverse connettività locali composte a livello regionale e provinciale: il valore regionale è pari a 10,35, quello relativo alla provincia estesa è 7,39. Non deve stupire un valore di varianza così elevato poiché il grado locale composto assume sempre valori mediamente alti. Si riconferma quindi un'equipotenzialità diffusa relativa ai nodi dell'area centrale e dunque la maggiore omogeneità della provincia estesa.

3. Misure di gerarchizzazione dei nodi o misure di centralità

Le misure relative alla *centralità* dei nodi evidenziano la gerarchia esistente all'interno di una stessa rete. Attraverso queste analisi è possibile individuare immediatamente i nodi portanti dell'intero sistema a rete e nel caso di ristrutturazione o progettazione di nuove linee identificare vantaggi e svantaggi in termini di centralità che ne ricavano i nodi esistenti.

La *struttura gerarchica* è determinata essenzialmente da due misure che identificano la relativa posizione dei singoli elementi nella rete di trasporto. Queste sono il *grado locale* e il *grado locale composto* che forniscono rispettivamente la connettività del nodo attraverso il numero di archi incidenti in prima e seconda adiacenza.

Si è gerarchizzata la rete rappresentata nella tav. 1 sulla base dei valori maggiori di grado locale e di grado locale composto¹⁴.

Si ritiene che la lettura dei valori gerarchizzati possa essere significativa se condotta per passi successivi. È possibile osservare come solo 127 nodi, su un totale regionale di 1.588 (ovvero meno di un decimo), siano caratterizzati da valori di buona connettività. I risultati indicano queste 127 interconnessioni come nodalità rilevanti nel quadro delle infrastrutture lombarde. Sono prevalentemente nodi in prossimità dei caselli autostradali (o posti lungo le tangenziali di raccordo tra essi) oppure compresi tra l'area di Monza e Saronno¹⁵.

Analizzando i risultati ottenuti¹⁶ per gruppi di analisi omogenea, ovvero pari valori di indicatori, si osserva che:

- *due nodi risultano essere quelli caratterizzati dal maggior numero di connessioni di primo livello*¹⁷: il 201 e il 616. Il primo, nodo n. 201¹⁸, è sito all'uscita del casello *Sesto Calende-Vergiate*, in provincia di Varese, sulla A8 all'incrocio tra la SS. 33 del Sempione, con gli innesti delle Scr. 69 e 57.

L'altro nodo con identici valori di grado locale e grado locale composto è il nodo n. 616 sito sulla circosollazione di *Cremona* all'intersezione tra la Scr. 173, le Scr. 170, 299 e 168. Questi due nodi posti quasi al confine regionale si configurano per essere: il primo, posto all'intersezione tra le importanti direttrici nord-sud, quali il collegamento con il Sempione e la piana di Magadino con i prodromi di Bellinzona, e il siste-

ma delle trasversali est-ovest caratterizzate da funzioni di collegamento interregionale o comunque pedemontano; il secondo all'estremo sud della regione posto analogamente in un territorio dove le direttrici sud-nord, oltrepassando il Po, si irradiano nel territorio lombardo.

- Al secondo livello nella gerarchizzazione (tav. 2)¹⁹ si collocano ben cinque nodi: Milano Loreto, Monza, Gallarate, Spino d'Adda e Bereguardo-Pavia nord. Nel dettaglio:

- il nodo n. 6 posto nella circonvallazione nord-est di Milano all'innesto tra la SS. 11 per Venezia, la Misp. 103, la Scr. 243, la SS. 36 e la Scr. 224;

- il n. 1.347 all'incrocio tra la Scr. 221, la Scr. 270, Misp. 5, Susr. 11 e la SS. 527 nel comune di Monza;

- il nodo n. 312, sito nel comune di Gallarate (VA) all'intersezione con la SS. 33 del Sempione, l'A8 e le Vasp. 17 e Vasp. 54;

- il nodo n. 934, posto nel comune di Spino d'Adda all'intersezione tra la SS. 415 (Paullese) con le SP. 1 e 91 (Crsp. 1 e Crsp. 91). Questo nodo deve la sua posizione gerarchica rilevante alla tipologia degli archi di connessione che in esso si raccordano: da un reticolo fitto e omogeneo si osserva un diradamento dei punti di interconnessione sul territorio e una maggiore estensione degli archi che si raccordano alle estremità con importanti assi infrastrutturali;

- il nodo n. 372, posto nel comune di Bereguardo in prossimità del casello di Pavia nord sulla A7 all'intersezione con la SS. 526 che risente invece di un innalzamento del grado locale dovuto ad una sorta di ridondanza infrastrutturale in prossimità dell'uscita autostradale.

Si evidenzia al terzo livello il nodo n. 1.048²⁰, posto a sud della A4 nel comune di Calcinato (Bergamo) a 8 km dall'uscita sulla A4 di Seriate all'intersezione tra la SS. 573 con le provinciali 89, 98 e 122 (Bgsp. 89, Bgsp. SP. 98 e Bgsp. 122), a cui fa seguito il nodo n. 1.515²¹ posto a sud del comune di Vimercate in prossimità della barriera della Tangenziale Est all'intersezione con la Misp. 2 e Misp. 3, a est della SP. 41. La lettura dei valori gerarchizzati identifica poi altri 16 nodi (rappresentati nella tav. 4)²².

Ancora una volta si evidenziano come poli forti sul territorio quelli posti lungo le principali direttrici autostradali. Nel dettaglio²³:

- il nodo n. 1.325, posto a nord del comune di Lentate sul Seveso (MI), al confine con la Provincia di Como, dato dall'intersezione della SS. 35 con la SP. 32;

- il nodo n. 1.340, posto nel comune di Bovisio Masciago (MI), intersezione tra la SP. 173 e la Superstrada Milano-Meda-Susr. 4;

- il nodo 7, corrispondente all'uscita di Lambrate sulla Tangenziale Est di Milano, innesto con la SP. 103;

- il nodo 1.072, nel comune di Melzo (MI) all'intersezione tra la SP. 103 e la Cerca-Scr. 238;

- il nodo 946, a est di Spino d'Adda nel comune di Pandino (CR) in prossimità dell'intersezione tra la SS. 472 e la SS. 415.

Scendendo nella gerarchizzazione emergono inoltre i nodi:

- n. 29 corrispondente all'uscita di Via Zurigo sulla Tangenziale ovest di Milano;

- n. 98 nel comune di Pero (MI), innesto della Tangenziale ovest sulla Torino-Venezia;

- n. 100 nel comune di Corbetta (MI), all'intersezione tra la SP. 147 e la SS. 11;

- n. 374 uscita di Bereguardo-Pavia nord sulla A7;

- n. 618 e 619 corrispondenti agli innesti delle SS. 415 e SS. 498 sulla tangenziale di Cremona;

- n. 820 e n. 848 in prossimità dell'uscita di Manerbio (BS) sulla A21, nella direzione dei comuni di Leno e di Ghedi;

- n. 1.193 e n.1.194 in prossimità dell'uscita di Brescia ovest sulla A4 e il nodo 1.130 corrispondente all'uscita di Rovato (BS) sempre sulla A4;

- n. 1.353 nel comune di Nova Milanese, all'intersezione tra la SP. 527 (Monza-Saronno) e la SP. 9.

Scendendo ancora nella scala gerarchica emergono altri 87 nodi²⁴, tutti compresi nella fascia centrale della regione e quasi tutti attestati lungo la rete infrastrutturale principale costituita dal sistema autostradale lombardo. Analizzando i risultati complessivi è possibile evidenziare:

- per la provincia di Varese: le uscite autostradali, tutte sulla A8, relative a Lago di Varese, Castronno, Gallarate, Busto Arsizio e Castellanza;

- per la provincia di Como: l'uscita di Turate sulla A9 (Milano-Como);

- per la provincia di Bergamo tutte le uscite sulla A4 e tutte le intersezioni tra le principali direttrici est-ovest e nord-sud;

- per l'area mantovana le uscite di Mantova nord e Nogarole Rocca sulla A22 e ancora più a nord di queste il nodo costituito dall'innesto tra la A22 e la A4;

- per la provincia di Brescia i nodi in prossimità dei comuni di Manerbio, Leno e Ghedi;

- per la provincia di Cremona i nodi posti lungo la tangenziale A21 e, nell'area compresa tra Cremona e Mantova, e tutte le principali intersezioni sulla SS. 10;

- nella provincia di Milano, tutti nell'area nord-est, 10 nodi nei comuni di Monza, Brugherio, Cologno Monzese e Agrate.

3.1. Comparazione tra polarizzazione dei nodi nella rete regionale e nella provincia estesa

Il raffronto effettuato sulle misure globali e di forma è stato effettuato anche sulla gerarchizzazione dei nodi nell'area relativa alla provincia estesa e rappresentata nella fig. 1. Come prevedibile i risultati coincidono in larga parte essendo il grafo della provincia estesa un sottoinsieme di quello regionale. È possibile comunque evidenziare alcune differenze.

La gerarchizzazione all'interno della provincia estesa per massimo grado locale (tab. 1) pone i nodi 201 (Sesto Calende-Vergiate), 6 (Milano) e 1.515 (Vimer-

cate) in testa alla classifica. Analizzando invece i risultati dei singoli nodi per *grado locale e per massimo grado locale composto* (tav. 3) si ottengono i seguenti risultati: *due nodi sono quelli caratterizzati dal maggior numero di connessioni di secondo livello*²⁵: il 201 e il 1.325. Il primo, nodo n. 201²⁶, è quello già emerso come primo nodo del sistema nell'analisi sulla rete regionale ovvero il nodo sito all'uscita del casello Sesto Calende-Vergiate, in provincia di Varese, sulla A8 all'incrocio tra la SS. 33 del Sempione, con gli innesti delle Scr. 69 e Scr. 57.

Il secondo nodo²⁷ n. 1.325, è posto a nord del comune di Lentate sul Seveso (MI), al confine con la Provincia di Como, dato dall'intersezione della SS. 35 con la SP. 32, che nella gerarchia regionale risultava in terza posizione.

La gerarchia dei nodi identifica subito dopo²⁸, il n. 1.347 all'incrocio tra la Scr. 221, la Scr. 270, Misp. 5, Susr. 11 e la SS. 527 nel comune di Monza e il nodo n. 6 posto nella circonvallazione nord-est di Milano (tav. 4) all'innesto tra la SS. 11 per Venezia, la Misp. 103, la Scr. 243, la SS. 36 e la Scr. 224, ravvisabile quindi in Piazzale Loreto.

Seguono infine il nodo 7, corrispondente all'uscita di Lambrate sulla Tangenziale Est di Milano, innesto con la SP. 103 e il nodo 1.072, nel comune di Melzo (MI) all'intersezione tra la SP. 103 e la Cerca-Scr. 238 e il nodo 1.340, posto nel comune di Bovisio Masciago (MI), intersezione tra la SP. 173 e la Superstrada Milano-Meda-Susr. 4.

Scendendo nella scala gerarchica si evidenziano altri 10 nodi nei comuni di Monza, Brugherio, Cologno Monzese, Agrate e Cormano: chiaramente questi stessi nodi erano apparsi già nel corso dell'analisi effettuata a livello regionale ma la ridefinizione della rete li colloca ora in una posizione gerarchicamente più rilevante. Nella tav. 5 sono state riportate le nodalità più rilevanti nell'area della provincia estesa (tab. 1)²⁹.

4. Individuazione delle sottoreti e interpretazione delle relative misure globali e di forma

Poiché le letture più significative degli indicatori della teoria dei grafi sono quelle che possono essere condotte per comparazione di reti differenti si è proceduto con l'analisi di alcune sottoreti appartenenti all'area più densamente edificata. Come già detto le sottoreti analizzate sono state fatte sostanzialmente³⁰ coincidere con gli ambienti insediativi³¹ evidenziati nella ricerca Itaten nel tentativo di individuare nello stesso ambito territoriale, ma con metodologie differenti, tipologie di forme di reti che secondo tale ricerca hanno prodotto processi di strutturazione insediativa similari: ad esempio le urbanizzazioni reticolari del Vimercatese, del Magentino e del Saronnese, le conurbazioni dell'Olonza e della Brianza Milanese. Nella tav. 6 l'intero territorio lombardo suddiviso nei 32 ambienti insediativi. Si è scelto quindi di operare

su 15 ambienti³² relativi all'area vasta più densamente popolata, cioè quella parte di territorio compresa tra il Vigevanese ad ovest e l'area di Treviglio (Bergamo) ad est in grado di presentare caratteristiche di omogeneità strutturale e quindi oggetto interessante di comparazione.

4.1. Connettività delle sottoreti

Indice Alfa: l'analisi effettuata indica alti valori di *circuitazione* infrastrutturale nelle aree di Lecco, Varese, Saronno. Il moltiplicarsi delle infrastrutture statali ai confini della regione (o confine di stato) implica la forte infrastrutturazione primaria nelle aree di Lecco e Varese rilevata da questa prima analisi. Interessante invece il risultato dell'area di Saronno che pur senza vincoli di posizione risulta fortemente connessa.

Indice Beta: questo secondo indicatore evidenzia alti valori di *connettività* infrastrutturale nelle aree di Saronno, Cremona, Milano e Vigevano.

Indice Gamma: l'analisi effettuata sulle misure di *complessità* delle sottoreti indica alti valori nella quasi totalità degli ambienti considerati. Ma se si osservano meglio i dati è possibile evidenziare come, a fronte di un alto grado di complessità nelle aree di Lecco e Varese, la lunghezza media degli archi sia in essi molto alta rispetto a tutti gli altri ambienti. Anche in questa analisi dunque le sottoreti meglio connesse risultano essere quelle di Saronno, dell'Olonza, della Brianza Milanese, di Vimercate e del Magentino.

Media dei gradi locali (densità della rete): l'analisi effettuata sulla gerarchizzazione della media dei valori relativi ai gradi locali che costituiscono le singole sottoreti, congiuntamente ad un valore di lunghezza media degli archi espresso in chilometri, fornisce risultati che, seppur legati alla connettività restituiscono l'immagine della *densità* della rete nella realtà, in termini di nodi, di archi e di frequenza di punti di intersezione. I valori sono riportati nella tab. 2. I dati evidenziano in particolare l'alto grado di infrastrutturazione del territorio lombardo nella fascia del nord Milano che si estende da Magenta fino a Bergamo: è possibile osservare come queste singole sottoreti siano tutte caratterizzate da valori molto alti relativamente all'indicatore osservato e presentino una frequenza di punti di interconnessione (distanza fisica sul territorio) inferiore (o pari per l'area di Bergamo) ai 2,5 km.

Media dei gradi locali composti: l'analisi effettuata sulla gerarchizzazione della media dei valori relativi ai gradi locali composti dei nodi delle singole sottoreti evidenzia l'elevato grado di connessione riscontrabile nelle reti della Brianza Milanese, dell'area di Vimercate, di Bergamo, di Milano, di Crema, di Saronno e di Cremona.

All'area nord della fascia centrale si affianca ora la provincia estesa cremonese: Cremona infatti, posta in posizione estremamente periferica, gioca un ruolo

Tab. 1 - Confronto tra le gerarchizzazioni della rete viabilistica nella regione e nella provincia estesa ordinate secondo il grado locale

Nodi della rete viabilistica regionale				Nodi della rete viabilistica della provincia estesa			
N. nodo	Grado locale	Grado locale composto	Località	N. nodo	Grado locale	Grado locale composto	Località
201	5	23	Sesto Calende- Vergiate (VA)	201	5	23	Sesto Calende- Vergiate (VA)
616	5	23	Cremona				
6	5	22	Milano	6	5	22	Milano
312	5	22	Gallarate (VA)	1347	5	22	Monza
372	5	22	Beregardo (PV)				
934	5	22	Spino d'Adda				
1347	5	22	Monza				
1048	5	21	Calcinate (BG)				
1515	5	20	Vimercate (MI)	1515	5	20	Vimercate (MI)
1325	4	23	Lentate sul Seveso (MI)	1325	4	23	Lentate sul Seveso (MI)
7	4	21	Milano Lambrate	7	4	21	Milano Lambrate
946	4	21	Pandino (CR)				
1072	4	21	Melzo (MI)	1072	4	21	Melzo (MI)
1340	4	21	Bovisio Masciago (CO)	1340	4	21	Bovisio Masciago (CO)
29	4	20	Uscita Tang.Ovest (MI)	29	4	20	Uscita Tang.Ovest (MI)
98	4	20	Pero (MI)	98	4	20	Pero (MI)
100	4	20	Corbetta (MI)	100	4	20	Corbetta (MI)
272	4	20	Lugano (CH)				
374	4	20	Uscita A7 Bereguardo (PV)				
428	4	20	Casei Gerola (PV)				
618	4	20	Tangenziale Cremona				
619	4	20	Tangenziale Cremona				
624	4	20	Cremona				
738	4	20	Roverbella (MN)				
820	4	20	Manerbio (BS)				
848	4	20	Manerbio (BS)				
944	4	20	Pandino (CR)				
945	4	20	Pandino (CR)				
1193	4	20	Brescia Ovest innesto A4				
1194	4	20	Brescia Ovest innesto A4				
1353	4	20	Nova Milanese (MI)	1353	4	20	Nova Milanese (MI)
1355	4	20	Limbiato (MI)	1355	4	20	Limbiato (MI)
1356	4	20	Varedo (MI)	1356	4	20	Varedo (MI)
1516	4	20	Vimercate (MI)	1516	4	20	Vimercate (MI)
1518	4	20	Agrate (MI)	1518	4	20	Agrate (MI)
1528	4	20	Vimercate (MI)	1528	4	20	Vimercate (MI)
1536	4	20	Brugherio (MI)	1536	4	20	Brugherio (MI)
1537	4	20	Brugherio (MI)	1537	4	20	Brugherio (MI)
1546	4	20	Cormano (MI)	1546	4	20	Cormano (MI)
1563	4	20	Cologno Monzese	1563	4	20	Cologno Monzese
1587	4	20	A21 - Cremona				

Tab. 2 - Forma delle sottoreti

N. ambiente	Denominazione	Misure globali della rete						Misure di forma della rete			Altri indicatori			
		N. nodi	N. archi	Indice alfa	Indice beta	Indice gamma	Media gradi locali	Media gradi locali composti	Diam. di Kansky	Indice di gradi locali	Varianza di gradi locali composti	Lungh. media archi in km	Lungh. in km del diametro	
1	Milano	84	170	0,025	2,02	0,05	3,309	14,72	8	21,25	0,23	7,32	2,5	30,65
2	Brianza Milanese	53	100	0,035	1,89	0,07	3,52	16,18	10	10,00	0,32	8,04	2,3	20,29
3	Olona	48	95	0,043	1,98	0,08	3,37	14,64	10	9,50	0,27	5,93	2,17	26,26
4	Saronno	44	95	0,055	2,16	0,10	3,31	14,6	11	8,64	0,22	5,87	2,15	21,85
5	Magenta	57	102	0,029	1,79	0,06	3,35	14,33	12	8,50	0,33	8,12	2,11	25,95
6	Vimercate	54	92	0,027	1,70	0,06	3,46	15,61	10	9,20	0,29	7,79	2,44	27,79
7	Pavia	84	156	0,021	1,86	0,04	3,3	14,48	21	7,43	0,23	5,37	3,26	69,15
8	Lodi	61	113	0,029	1,85	0,06	3,26	14,34	14	8,07	0,28	7,87	3,35	67,42
9	Como	45	83	0,039	1,84	0,08	3,28	13,75	12	6,92	0,34	7,87	3,5	36,54
10	Varese	29	51	0,056	1,76	0,13	3,31	14,51	8	6,38	0,28	6,32	4,19	36,18
11	Lecchese	23	39	0,065	1,70	0,15	3,08	11,85	10	3,90	0,34	9,94	4,01	33,45
12	Vigevano	77	155	0,027	2,01	0,05	3,32	14,46	17	9,12	0,22	6,22	3,75	69,07
13	Cremona	87	177	0,024	2,03	0,05	3,33	14,6	23	7,70	0,25	7,09	3,53	75,83
16	Crema	60	103	0,025	1,72	0,06	3,31	14,65	13	7,92	0,46	12,95	2,66	34,54
18	Bergamo	93	181	0,021	1,95	0,04	3,37	14,88	17	10,65	0,26	5,82	2,58	39,02

Si evidenziano così le reti caratterizzate da una forma complessivamente compatta (diametro inferiore a 30 km) ovvero: Brianza Milanese, Saronno, Olona, Vimercate e Magenta.

Indice di Kansky. L'analisi dei risultati evidenzia la complessità delle sottoreti di Milano, di Bergamo e della Brianza Milanese che possono essere considerate, sulla base dell'efficienza del sistema viabilistico, quelle in grado di meglio rispondere a modificazioni dei percorsi degli automobilisti.

Varianza gradi locali (polarizzazione della rete). La gerarchizzazione della dispersione della media dei quadrati degli scarti osservati rispetto alla media aritmetica dei gradi locali delle singole sottoreti, ovvero la loro varianza, fornisce risultati relativi ai differenti livelli di omogeneità (nel caso di valori più bassi) o polarizzazione (nel caso di valori più alti) delle singole reti. Appaiono come *fortemente polarizzate* le aree di Crema, Lecco, Como, Magenta e della Brianza Milanese.

Varianza gradi locali composti (omogeneità della rete). La gerarchizzazione ottenuta attraverso i valori relativi alla varianza dei gradi locali composti, costitutivi delle singole sottoreti, fornisce analogamente risultati sui livelli di omogeneità o polarizzazione. Esemplicando più chiaramente si può dire che non essendoci forti scostamenti tra i valori dell'indicatore nei nodi delle singole sottoreti queste appaiono mediamente omogenee, quindi tali da presentare nodalità con potenziale di interconnessione al sistema infrastrutturale viabilistico uniforme sul territorio. Presentano in particolare caratteri di spiccata omogeneità le reti di Pavia, Bergamo, Saronno e dell'Olona.

4.3. Considerazioni sul confronto delle singole sottoreti

L'analisi condotta sulle singole sottoreti ha permesso di identificare con un procedimento matematico la lettura delle maglie presenti che si caratterizzano per essere fortemente reticolari in tutta la fascia più densamente edificata e relativa agli ambienti insediativi dell'area compresa tra il Magentino e il Vimercatese. In cui si evidenziano particolarmente le aree di Saronno, dell'Olona, della Brianza Milanese.

In queste aree si osservano nodi importanti che emergono come sub-polarità caratteristiche e che contribuiscono in modo rilevante alla strutturazione dell'area: a fianco di polarità con caratteristiche lineari evidenzia-bili sia negli ambienti dell'Olona e della Brianza Milanese emerge il ruolo giocato dal sistema di Saronno nel sistema viabilistico e, come si vedrà nelle analisi successive, anche nel sistema ferroviario.

L'analisi evidenzia la polarizzazione presente nelle aree di Crema, Lecco, Como, Magenta e della Brianza Milanese (come emerso anche da altre ricerche in questo stesso testo)³³.

5. Stime relative alle reti ferroviarie: misure globali e misure di forma

È stata implementata la rete ferroviaria, costituita da tutte le ferrovie statali, private e in concessione (FS e FNM), per l'intera regione Lombardia. Il grafo della rete su ferro è stato completato dal disegno delle tre linee metropolitane attualmente presenti a Milano e

fondamentale nei collegamenti interprovinciali e interregionali. Da questa analisi emergono chiaramente aree di antica infrastrutturazione come quelle del Magentino, del saronnese, dell'Olona o della Brianza Milanese. Si osserva che nelle analisi delle sottoreti aree con valori di connettività relativamente bassi possono avere una media dei gradi locali particolarmente elevata perché i nodi di margine hanno numerose connessioni con l'esterno determinando così un innalzamento della media dei gradi locali dell'area (si veda ad esempio il Vimercatese).

4.2. Forma delle sottoreti

Diametro. La tab. 2 mostra come gli ambiti di Milano e Varese siano caratterizzati da valori dell'indicatore estremamente contenuti, grazie al ruolo forte giocato dalle connessioni autostradali presenti in ambedue i sistemi, su distanze mediamente rilevanti. Ma il solo diametro non consente di valutare sinteticamente la forma delle singole sottoreti ed occorre quindi leggere il valore topologico insieme alla relativa estensione chilometrica dello stesso.

dal Passante Ferroviario.

La costituzione del grafo merita una prima importante osservazione³⁴: solo le stazioni sono state considerate nodi, a differenza del procedimento attuato per la localizzazione degli stessi nella maglia viabilistica, ovvero quei punti forti del territorio nei quali effettivamente l'utente può optare per il servizio ferroviario o metropolitano.

Per quanto riguarda le ferrovie ogni singola stazione rappresenta un nodo³⁵.

Per le sole linee metropolitane invece sono stati considerati nodi le stazioni di testa, le stazioni di interconnessione tra differenti linee metropolitane o tra esse e il sistema ferroviario regionale.

La rete analizzata coincide con l'attuale rete in esercizio.

In ogni comune inoltre è stato predisposto un centro che potrebbe consentire in un secondo momento di realizzare carte relative all'indice di accessibilità comunale³⁶.

Anche in questo caso la carta utilizzata come base per inserire e georeferenziare queste informazioni è quella tecnica regionale.

La rete ferroviaria regionale (fig. 2) risulta così costituita da 402 nodi³⁷ e 628 archi.

La rete ferroviaria relativa alla provincia estesa (fig. 3), è caratterizzata dalla presenza di 140 nodi e 225 archi.

5.1. Interpretazione delle misure globali e comparazione tra rete regionale e provincia estesa

Si sono analizzate le due reti sulla base dei consueti indicatori³⁸ relativi alla *connettività e complessità*.

Indice alfa (α) o indice di ridondanza dei circuiti: per la regione ha un valore pari a 0,003 e per la provincia estesa è molto più alto poiché pari a 0,009 e quindi indica il maggior grado di circuitazione rilevabile nella rete provinciale.

Indice beta (β) o indice di connettività: è pari a 1,61 nella provincia estesa e 1,56 nella regione. Se si considera che il valore può oscillare tra 0 e 3 si nota che sono ambedue valori che indicano un buon grado di connettività globale.

Indice gamma (γ) o indice di complessità: per la provincia estesa il valore è 0,02 e nell'intera regione è pari a 0,001: questo significa che, in relazione al numero di nodi presenti, la rete della provincia estesa si presenta circa 3 volte più connessa di quanto non risulti essere il grafo regionale.

Media gradi locali: precisiamo che, avendo posto come nodi del sistema tutte le stazioni esistenti, il grado locale medio è molto vicino a 2. Nella regione è pari a 2,22, nella provincia estesa è più elevato e pari a 2,31.

Media gradi locali composti: per la rete lombarda è pari a 7,37, nella provincia estesa è più elevato e pari a 8,23.

5.2. Interpretazione delle misure di forma e comparazione tra rete regionale e provincia estesa

Gli indicatori di *forma* ovvero *diametro* (numero minimo di segmenti che collegano i due nodi più distanti) e *varianza* (somma degli scostamenti dei valori dalla media) hanno fornito i seguenti risultati:

Diametro: per la rete ferroviaria regionale è pari a 53 e nella provincia estesa è uguale a 19 in relazione alla diversa dimensione delle due reti. Questo indice però non soddisfa tutti i requisiti della teoria delle misurazioni poiché non tiene conto del chilometraggio effettivo e quindi è un indice debole per misurare le reti di trasporto. Per questo motivo abbiamo deciso di inserire tra i valori riportati nella tabella di sintesi l'effettiva distanza espressa in chilometri. Si osserva che i 53 archi della rete regionale corrispondono a un percorso di 300 km e i 19 relativi alla provincia estesa si riferiscono ad un cammino più breve pari a 89 km con una lunghezza media degli archi pari a 4,6 km.

Indice di Kansky: questo indice come detto fornisce indicazioni rilevanti circa la forma della rete: entrambe le reti analizzate risultano dotate di buona interconnessione, con valori praticamente identici; per il grafo regionale tale valore è pari a 11,85 mentre per la provincia estesa è 11,84.

Varianza del grado locale: Il grafo corrispondente alla rete con estensione regionale presenta una varianza pari a 0,52, quello della provincia estesa pari a 0,83. Questo significa che nell'area centrale della regione la rete è fortemente polarizzata in relazione alla presenza di molti nodi significativi, nei punti di interconnessione tra le reti metropolitane.

Varianza del grado locale composto: il valore regionale è pari a 13,72, quello relativo alla provincia estesa è 28,68. Si riconferma dunque una forte polarizzazione nella provincia estesa dovuta alla presenza nell'area milanese della maggior parte dei nodi forti del sistema.

6. Misure di gerarchizzazione dei nodi nella rete ferroviaria regionale e nella provincia estesa

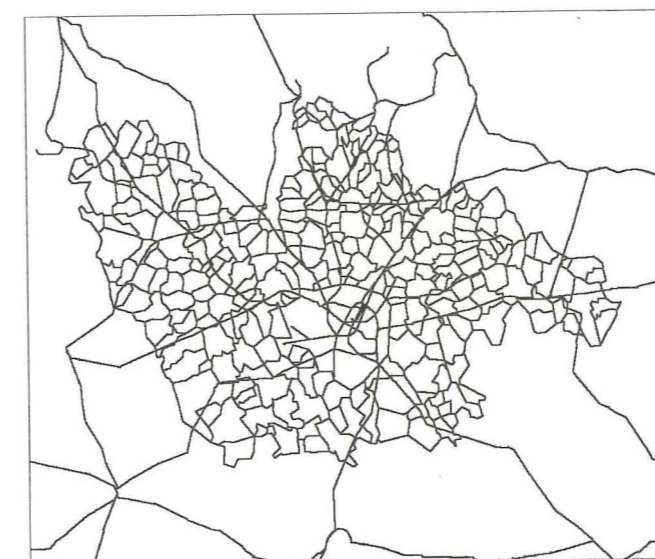
I risultati della gerarchizzazione (figg. 4 e 5) dei nodi sul grado locale sono riportati nella tab. 3. Si osserva che tutti i nodi caratterizzati da un'ottima posizione gerarchica sono situati nell'area milanese. In ambito regionale assumono una rilevante posizione gerarchica, come già evidenziato per il grafo della viabilità, nodi localizzati nelle aree in prossimità dei confini regionali (Mortara e Piadena e Treviglio ovest). Per la provincia estesa si osserva la buona posizione del nodo di Saronno superato nella scala regionale da polarità forti presenti nell'area bresciana, comasca e mantovana.

Per definire in modo più completo i poli del sistema dei trasporti su ferro sarebbe stato necessario con-

Fig. 2 - Grafo della rete ferroviaria regionale



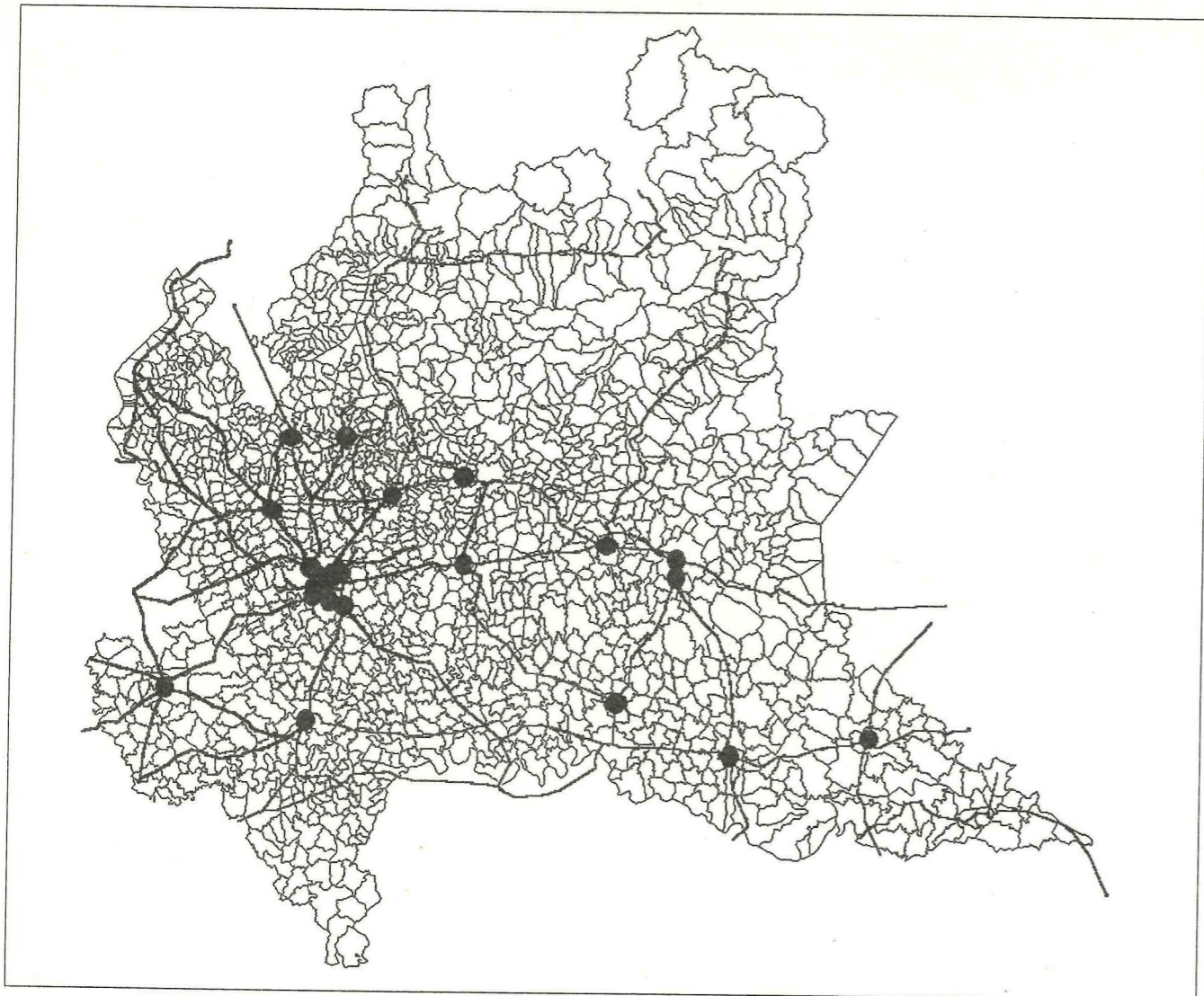
Fig. 3 - Grafo della rete ferroviaria relativa alla provincia estesa



dure una ricerca dettagliata sul sistema delle interconnessioni con il sistema del trasporto pubblico attestato alle stazioni. Per aver un quadro di riferimento delle dimensioni del servizio nei poli abbiamo qui condotto una sintetica ricognizione utilizzando ricerche già svolte sul tema del servizio pubblico extraurbano³⁹, riferita in particolare ai nodi esterni all'area milanese, caratterizzati quindi dall'assenza di servizi di trasporto di tipo metropolitano, e ben classificatisi nelle gerarchizzazioni precedentemente effettuate. Su essi⁴⁰ possono essere fatte le seguenti osservazioni:

- solo i nodi relativi a Mantova, Cremona, Mortara e Brescia possono essere considerati veri poli di interscambio nel territorio poiché tutti caratterizzati dalla presenza dei capolinea del servizio extraurbano in prossimità della stazione;
- Treviglio e Pavia si attestano su posizioni intermedie in quanto capolinea solo di alcune linee extraurbane⁴¹;
- Piadena, Ponte San Pietro, Rovato e Carnate risultano

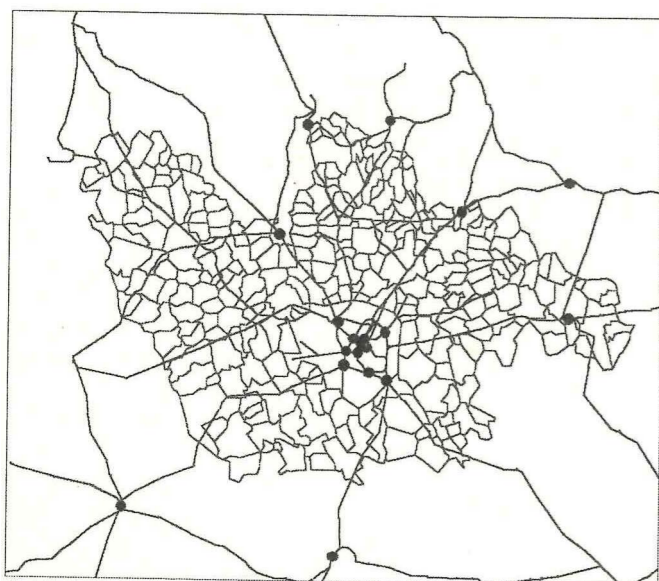
Fig. 4 - Rete ferroviaria regionale: nodi con grado locale maggiore o pari a 4 e grado locale composto maggiore di 12



Tab. 3 - Confronto tra gerarchizzazioni della rete ferroviaria nella regione e nella provincia estesa

Rete ferroviaria regionale				Rete ferroviaria provincia estesa			
N. ident. di staz.	Grado locale	Grado locale composto	Stazione	N. ident. di staz.	Grado locale	Grado locale composto	Stazione
7	7	39	Milano Lambrate	7	7	39	Milano Lambrate
1	6	28	Centrale	1	6	28	Centrale
5	6	25	Milano P.ta Garibaldi	5	6	25	Milano P.ta Garibaldi
20	6	18	Morata				
2	5	24	Milano Nord Cadorna	2	5	24	Milano Nord Cadorna
16	5	24	Milano Rogoredo	16	5	24	Milano Rogoredo
406	4	28	Milano Porta Romana	406	4	28	Milano Porta Romana
410	4	24	Repubblica	410	4	24	Repubblica
411	4	21	Duomo MM1/MM3	411	4	21	Duomo MM1/MM3
4	4	16	Bovisa Nord	4	4	16	Bovisa Nord
119	4	16	Milano Porta Genova	119	4	16	Milano Porta Genova
412	4	16	Porta Venezia	412	4	16	Porta Venezia
63	4	16	Piadenza				
51	4	15	Treviglio Ovest	51	4	15	Treviglio Ovest
10	4	15	Pavia				
8	4	15	Brescia				
170	4	15	San Zeno				
125	4	14	Olmeneta				
343	4	14	Merone				
37	4	13	Ponte S. Pietro				
34	4	13	Rovato				
120	4	13	Albate Camerlata				
6	4	12	Saronno	6	4	12	Saronno
21	4	12	Carnate	21	4	12	Carnate
25	4	12	Mantova				
440	3	13	Cascina Gobba	440	3	13	Cascina Gobba
22	3	12	Treviglio Ovest	22	3	12	Treviglio Ovest
73	3	12	Cassano d'Adda	73	3	12	Cassano d'Adda
55	3	12	Como nord Camerlata				
379	3	12	Canneto sull'Oglio				
177	3	12	Bozzolo				
310	3	12	San Giovanni in Croce				
290	3	12	Torre de' Picenardi				
265	3	12	Villetta Malagnino				
365	3	12	Pavia Porta Garibaldi				
198	3	12	Ceresa di Pavia				
14	3	11	Bergamo				
247	3	11	Bornato Calino				
56	3	11	Como lago				
161	3	11	Cava Carbonara				
62	3	10	Seregno	62	3	10	Seregno
27	3	10	Seveso	27	3	10	Seveso
227	3	10	Lentate sul Seveso	227	3	10	Lentate sul Seveso
230	3	10	Caravaggio	230	3	10	Caravaggio
420	3	10	MM1 Pagano	420	3	10	MM1 Pagano
277	3	10	Cava Tigozzi				
23	3	10	Codogno				
58	3	10	Casalpusterlengo				
9	3	9	Monza	9	3	9	Monza
18	3	9	Gallarate	18	3	9	Gallarate
221	3	9	Villasanta	221	3	9	Villasanta
36	3	9	Calolziocorte				
13	3	9	Lecco				
97	3	9	Bressana Bottarone				
123	3	9	Broni				
282	3	9	Verolanuova				
39	3	9	Colico				
94	3	9	Molteno				

Fig. 5 - Rete ferroviaria della provincia estesa: nodi con grado locale maggiore o pari a 4 e grado locale composto maggiore di 12



fortemente carenti a livello di interconnessione con il trasporto pubblico poiché rivestono un ruolo significativo unicamente nell'interscambio privato (caratterizzato dalla presenza di ampi spazi parcheggio).

7. Considerazioni di confronto tra la rete viabilistica e la rete ferroviaria

La tab. 4 mostra in estrema sintesi i risultati conseguiti nelle singole analisi: nel confronto tra rete regionale e rete provinciale sia viabilistica che ferroviaria si evidenzia chiaramente come la rete relativa all'area centrale sia caratterizzata da migliori valori di connettività globale derivanti da una maggior complessità del sistema che vede i nodi presenti mediamente più connessi.

In particolare per la rete viabilistica il confronto effettuato tra i rispettivi valori globali ha restituito un'immagine della rete provinciale estremamente più connessa di quanto non sia il grafo regionale, grazie

alla presenza di numerose intersezioni sul sistema della viabilità; il confronto effettuato invece sui *valori di forma* ha mostrato come questa rete, appartenente all'area centrale della regione, sia complessivamente più omogenea e caratterizzata da un'equipotenzialità diffusa.

L'analisi dei valori globali delle due reti ferroviarie mette in evidenza il maggior grado di interconnessione rilevabile nell'area provinciale rispetto a quanto non sia il sistema ferroviario regionale. A differenza della rete viabilistica i valori di forma restituiscono l'immagine di una rete fortemente polarizzata nel grafo della provincia estesa a causa della presenza nell'area più centrale della maggior parte dei poli forti del sistema.

Prima di effettuare il confronto sulle misure globali e di forma tra la rete viabilistica e la rete ferroviaria è opportuno considerare due aspetti:

- il primo riguarda essenzialmente la differente costituzione dei grafi, poiché mentre per la rete viabilistica tutte le intersezioni tra gli archi sono state identificate come nodi, per le ferrovie questi sono stati rappresentati da ogni singola stazione, e non solo da quelle nelle quali, o nelle cui prossimità, la rete si biforca: nella comparazione questo comporta una differente valutazione dei valori relativi ai gradi locali e ai gradi locali composti della rete ferroviaria;
- il secondo aspetto è legato ai valori di alcuni degli indicatori ottenibili, strettamente connessi all'estensione nodale delle reti considerate⁴². Infatti se si osservano in tabella gli *indici alfa e gamma* si rileva che essi appaiono migliori nelle reti caratterizzate da un minor numero di nodi per cui nel sistema ferroviario essi risultano particolarmente elevati, ma solo in relazione alla ridotta dimensione della rete su ferro rispetto a quella viabilistica, in realtà molto più circuitata e complessa e comunque non in maniera proporzionale alla diversa dimensione delle due reti⁴³. Fatta questa premessa si osserva che la rete viabilistica regionale presenta delle caratteristiche globali di miglior circuitazione (indice alfa), miglior connettività (indice beta, medie gradi locali e gradi locali composti) e maggior complessità (indice gamma) rispetto alla rete ferroviaria alla stessa scala. Le misure di forma confermano la validità dell'osservazione poiché presentano anch'esse per la rete viabilistica regionale valori di maggior complessità (indice di Kansky) e maggior connettività (minore varianza) che ci informa del minor grado di polarizzazione di questa rete rispetto a quella ferroviaria. Diametro ed estensione chilometrica dello stesso si ricollegano a quanto precedentemente osservato: il percorso più breve tra i due punti più distanti del grafo ferroviario risulta più esteso poiché sostanzialmente vincolato al tracciato delle linee esistenti. La stesse considerazioni di raffronto possono essere fatte analogamente sulle due reti, viabilistica e ferroviaria, relative alla provincia estesa, poiché sottoinsiemi di quelle regionali di cui rappresentano la parte più centrale.

8. Conclusioni sui nodi di polarizzazione viabilistica e ferroviaria

Complessivamente le letture comparate dei risultati raggiunti nelle singole interpretazioni delle misure gerarchiche consente di evidenziare un assetto policentrico già di fatto esistente e che caratterizza il territorio regionale. Assetto policentrico che può essere ulteriormente consolidato associando servizi e funzioni ai nodi che lo definiscono.

La metodologia utilizzata per l'individuazione dei poli ha fatto emergere significative nodalità nelle diverse reti e alle diverse scale: per quanto riguarda la rete viabilistica le polarità di rilievo sono tutte localizzate nei punti di connessione tra viabilità principale ordinaria e percorsi tangenziali e autostradali. Proprio questi nodi infatti hanno registrato nell'ultimo decennio un significativo consolidamento del tessuto insediativo circostante, in particolare di tipo terziario-commerciale. Per quanto riguarda il grafo ferroviario della provincia estesa si evidenzia la polarizzazione sui nodi dell'area milanese e in particolare nel nord-est del capoluogo caratterizzato da valori di connessione molto alti. Si tratta di un grafo monocentrico, basato sulla rete evidenziabile nell'area metropolitana e polarizzato ai suoi confini (Treviglio, Saronno, Cassano d'Adda, Carnate).

In generale si osserva come l'assetto policentrico del territorio sia riconducibile a *diverse tipologie di polarità esistenti* sia viabilistiche sia ferroviarie (tav. 7) evidenziandone differenti peculiarità: è possibile osservare infatti la presenza sul territorio di:

- *poli regionali forti*: posti ai margini dei sistemi considerati, riconoscibili nei comuni di Sesto Calende-Vergiate, Gallarate, Mortara, Cremona, Rovato, Brescia e Mantova, ad indicare una sorta di ristrutturazione polare che si autorganizza lontano dal capoluogo regionale;

- *poli «geometrici»* che sfruttano la posizione baricentrica in ambito regionale (Treviglio-Spino d'Adda) o nell'ambito più ristretto, ma non per questo meno importante, delle relazioni trasversali pedemontane (Saronno);

- *poli intermedi*, tangenti l'area metropolitana, che vanno strutturandosi come sub-polarità a *carattere lineare* (come già evidenziato da Andrea De Bernardi in questo stesso testo) soprattutto nella fascia della Brianza compresa tra Carnate e Saronno. Sono questi nodi forti sia nel grafo relativo al sistema ferroviario sia nel grafo della viabilità. Sono sub-polarità che potrebbero essere definite di seconda corona in quanto sufficientemente lontane da Milano per potersi dotare di un ruolo forte;

- *poli storici* tutti all'interno del quadrante nord-est di Milano, caratterizzato sia dalla presenza delle stazioni di Milano Centrale, Lambrate, e Garibaldi sia dalla forte armatura radiale di Piazzale Loreto che consolida quest'area a livello di connettività anche per il trasporto su gomma;

- *poli in divenire* ovvero poli urbani già sufficientemente integrati a rete, che evitano le diseconomie della congestione perché posti al limite dell'area urbana centrale, o metropolitana, attualmente riconoscibili per la forte posizione gerarchica in una sola tipologia di rete ma proprio per questo nodi interessanti in grado di evolvere in tempi brevi in modo estremamente significativo: Milano Rogoredo, Milano Porta Romana, Milano Porta Vittoria, per il sistema ferroviario o Melzo, Pero, Corbetta per il sistema del trasporto su gomma.

Note

1. Non è possibile far coincidere completamente gli ambienti poiché essi stessi possiedono dei confini «fluttuanti».

2. Gli ambienti insediativi considerati sono stati desunti dalla ricerca Itaten, pubblicata in Clementi A., Dematteis G., Palermo P.C., 1996, *Le forme del territorio italiano*, Vol. II, «Ambienti insediativi e contesti locali», Laterza, Bari.

3. I «grafi» possono essere definiti come semplici figure geometriche costituite da punti e da linee che congiungono tra loro alcuni di questi punti.

4. La costruzione del grafo consente di leggere geometricamente i possibili collegamenti tra i nodi grazie all'uso della teoria dei grafi e degli algoritmi per la creazione della struttura gerarchica degli stessi al fine di stabilire quali siano quei nodi che risultano essere i principali poli del sistema. La mancanza di un software per l'analisi del grafo è stata aggirata utilizzando e forzando nel calcolo degli indicatori un normale Gis. Si è voluto inserire un grafo che non fosse astratto ma del tutto aderente al territorio. Per questo motivo gli archi sono rappresentati con le effettive caratteristiche geometriche e pertanto misurabili direttamente a video; inoltre ad ogni arco è associato un record che contiene informazioni relative alla sua denominazione e conseguentemente all'ente proprietario (es. SP. 231), alla tipologia Cnr di appartenenza, al numero di corsie presenti. La carta utilizzata come base per inserire e georeferenziare queste informazioni è quella tecnica regionale.

5. *Indice Alfa* o indice di ridondanza dei circuiti (α)

$$\alpha = \mu \left(\frac{v(v-1)}{2} \right) (v-1)$$

in cui (μ) rappresenta il numero dei circuiti e (v) il numero dei nodi.

6. Trattandosi di tutta la regione è chiaro come l'indice alfa abbia un valore così modesto. In realtà le possibili connessioni realizzabili nella rete regionale potrebbero essere pari a 1.258.491 archi, numero che si otterrebbe congiungendo direttamente ciascun nodo con ogni altro nodo del sistema.

7. *Indice Beta*

$$\beta = \frac{(e)}{(v)} \text{ dove } 0 \leq \beta \leq \frac{(n-1)}{2}$$

in cui (e) rappresenta il numero degli archi e (v) il numero dei nodi.

8. *Indice Gamma*

$$\gamma = \frac{(2e)}{(v(v-1))} \text{ dove } 0 \leq \gamma \leq 1$$

in cui (e) rappresenta il numero degli archi e (v) il numero dei nodi.

9. *Media dei gradi locali*

$$M_g = \frac{\left(\sum_{i=1}^v g_i \right)}{v}$$

in cui (g_i) rappresenta il grado locale del nodo i e (v) il numero dei nodi.

10. *Diametro*

$$\delta = \max d_{ij} \text{ dove } 1 \leq \delta \leq v - 1$$

in cui d_{ij} rappresenta il cammino minimo tra il nodo i ed il nodo j .

11. *Indice di Kansky*

$$\pi = \sum (e / \delta)$$

in cui (e) rappresenta il numero degli archi e δ il diametro. È anche chiamato indice π per la sua somiglianza logica al numero 3,14. Come è noto infatti questo rappresenta la relazione tra la circonferenza di un cerchio e il suo diametro e può quindi essere scritto come $\pi = C/\delta$ dove C rappresenta l'estensione complessiva della rete.

12. *Varianza del grado locale*

$$V = \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^v (g_i - M_g)^2 \right)}{v} \right]$$

in cui (g_i) rappresenta il grado locale del nodo i , M_g la media dei gradi locali e (v) il numero dei nodi.

13. Nella provincia estesa su un totale di 899 nodi considerati 596 presentano grado locale pari a 3, 293 nodi grado locale pari a 4 e 10 nodi grado locale pari a 5. Nell'intera regione invece su 1.588 nodi, 10 hanno grado locale pari a 5, 477 nodi grado locale pari a 4, 1.043 hanno grado locale pari a 3, 4 nodi grado locale pari a 2 e 54 nodi grado locale pari a 1.

14. Si è optato per la duplice gerarchizzazione anziché procedere con due differenti gerarchizzazioni (solo grado locale e in seguito solo grado locale composto) ritenendo la doppia lettura dei risultati più significativa per reti di queste dimensioni.

15. Proprio in Brianza infatti si osserva un fortissima polarizzazione a carattere lineare. Tutti i nodi evidenziati giacciono sulle due principali direttrici nord-sud (nuova Valassina) e est-ovest (SP. 527).

16. I dati sono riportati nelle annesse tabelle e graficamente sono stati rappresentati nelle figure con un segno grafico più evidente.

17. Poiché non è possibile attribuire un nome significativo ad ogni nodo della rete composta da 1.588 nodi e 3.067 archi, si è deciso di mantenere la numerazione attribuita ai singoli elementi costitutivi del grafo dal software, facendo così corrispondere il numero del nodo all'*ID number* (in tabella nella colonna ID -Identifier).

18. Con grado locale 5 e grado locale composto 23.

19. Tutti con grado locale 5 e grado locale composto 22, nella fig. 3 è stato rappresentato, oltre a quelli descritti, anche il nodo di Lentate sul Seveso poiché presenta grado locale composto pari a 23.

20. Con grado locale 5 e grado locale composto 21.

21. Con grado locale 5 e grado locale composto 20.

22. Con grado locale pari a 5 o 4 e massimo grado locale composto maggiore o uguale a 20.

23. Con grado locale 4 e grado locale composto compreso tra 21 e 23.

24. Ottenuta con grado locale pari a 5 o 4 e massimo grado locale composto maggiore o uguale a 19.

25. Ovvero connessioni di grado locale composto.

26. Con grado locale 5 e grado locale composto 23.

27. Con grado locale 4 e grado locale composto 23.

28. Ambedue con grado locale 5 e grado locale composto 22.

29. Per agevolare il confronto tra gerarchia regionale e provinciale sono state appositamente inserite in quest'ultima le righe bianche corrispondenti ai nodi mancanti a questa scala.

30. Non è possibile far coincidere completamente gli ambienti poiché essi stessi possiedono dei confini «fluttuanti».

31. Gli ambienti insediativi considerati sono stati desunti dalla ricerca Itaten, pubblicata in Clementi A., Dematteis G., Palermo P.C., 1996, *Le forme del territorio italiano*, op.cit.

32. Nella ricerca Itaten, e come si vede in figura, gli ambienti sono 32.

33. Laura Binaghi, Andrea De Bernardi, Renata Zuffi.

34. Osservazione doverosa trattandosi del grafo dei collegamenti geometrici.

35. Sono stati identificati come nodi della rete tutte le stazioni esistenti sia in esercizio che in parziale dismissione (Milano Porta Vittoria, Milano Porta Romana).

36. Ovvero indice di accessibilità relativo alle linee di trasporto pubblico locale su gomma misurato come presenza di linee attestata e frequenza dei collegamenti.

37. Tutti i *nodi* sono numerati con lo stesso numero progressivo codificato dalla Regione Lombardia e ad ognuno di esso sono associate le informazioni relative alla frequenza dei treni nelle ore di punta di morbida, alle diverse fasce orarie e ai movimenti sistematici annuali rilevati e questo ha permesso qualche piccola considerazione aggiuntiva. Gli *archi* sono rappresentati con le effettive caratteristiche geometriche e pertanto misurabili direttamente a video; inoltre ad ogni arco è associato un record che contiene informazioni relative alla linea di appartenenza e conseguentemente all'ente proprietario (es. FNM), numero di binari in quel tratto, ecc.

38. Per tutti gli indicatori trattati si rimanda al cap. 2.1.

39. Sono state utilizzate le informazioni contenute in Regione Lombardia, Settore Territorio Trasporti e Mobilità, 1993, *Individuazione dell'assetto complessivo delle aree di interscambio del servizio ferroviario regionale e della definizione di un quadro sistematico volto a classificarne i ruoli*, MM, Centro Studi Pim, Milano

40. *Mortara*: è capolinea di tutte le autolinee (7) che interessano il territorio; *Piadena*: è punto di interscambio di una sola autolinea (su 5); *Treviglio Ovest*: è capolinea del 50% delle autolinee che interessano il territorio (5 su 10, di cui 1 attestata nella stazione di Treviglio Centro); *Pavia*: solo 9 delle 32 autolinee esistenti fanno capolinea alla stazione *Brescia*: è un polo di interscambio perfettamente organizzato, tutte le autolinee urbane e extraurbane si attestano nel piazzale antistante la stazione; *Ponte San Pietro*: due sole autolinee, delle 9 che interessano il territorio, si attestano in prossimità della stazione; *Rovato*: due sole autolinee, delle 9 che interessano il territorio, si attestano in prossimità della stazione; *Carnate* 1 su tre, polo da sviluppare; *Mantova*: è un polo di interscambio perfettamente organizzato, quasi tutte le autolinee extraurbane (37 su 2) si attestano nel piazzale antistante la stazione; *Cremona*: è un polo di interscambio perfettamente organizzato, quasi tutte le autolinee extraurbane (26 su 29) si attestano nel piazzale antistante la stazione; *San Zeno*, *Olmeneta*, *Merone*, *Albiate Camerlata* nessuna linea attestata o in transito.

41. Si fa notare però come per la stazione di Treviglio, ultimo nodo del quadruplicamento ferroviario Milano-Treviglio insistano progetti di ridefinizione dell'interconnessione al sistema di trasporto pubblico e all'altra stazione esistente.

42. Il valore di alfa ad esempio dipende essenzialmente dal numero dei nodi presenti nel sistema, e non tanto dal numero degli archi, poiché è connesso alla circuitazione del grafo che avviene notoriamente quando si individua un percorso che tocca tutti i nodi. È un valore che decresce in modo esponenziale in relazione all'estensione nodale del grafo: aumenta dunque nelle reti caratterizzate da un minor numero di nodi. Le stesse osservazioni valgono anche per l'indice gamma.

43. Infatti, la sola presenza di un rapporto nodi/archi costante, ad esempio pari a 2, comporta valori di alfa molto diversi: ipotizzando un primo grafo così composto:

- nodi: 1.500; archi: 3.000; i valori di alfa e beta sarebbero: alfa: 0,001 beta: 2 ma se i nodi del sistema fossero la decima parte avremmo: nodi: 150; archi: 300; alfa: 0,01; beta: 2 e se fossimo in presenza di un grafo di ancor più modeste dimensioni, ovvero la centesima parte del primo, avremmo nodi: 15; archi: 30; alfa: 0,15; beta: 2.

Riferimenti bibliografici

- Clementi A., Dematteis G., Palermo P.C., 1996, *Le forme del territorio italiano*, Vol. II, «Ambienti insediativi e contesti locali», Laterza, Bari.
- Curti V., Marescotti L., Moretti A., 1985, *Metodi e applicazioni di teoria dei grafi e di ricerca operativa negli studi di reti di trasporti*, Atti del convegno «Trasporti e territorio» 21-22 mar., Milano.
- Curti V., Demaestri P., Marescotti L., Moretti A., 1987, *Considerazioni sull'uso di indicatori geometrici per l'interpretazione di reti di trasporto*, Clup, Milano.
- Demaestri P., Moretti A., 1987, *L'analisi interpretativa delle reti di trasporto per la definizione del criterio di «accessibilità» di localizzazione alternative: il caso del Politecnico di Milano*, Dst, Milano.
- Fonti L., 1981, *Sistemi di rete, sistemi urbani*, Casa del Libro, Reggio Calabria.
- Haggett P., Chorley R.J., 1974, *Network Analysis in Geography*, Arnold, London.
- Haggett P., Cliff A.D., 1977, *Locational Analysis in Human Geography*, Arnold, London.
- Menerault P., 1994, «Contribution à une analyse morphologique des réseaux viaires», *Flux*, n. 16, avr.-juin.
- Moretti A., Villani P., 1991, «Metodologie per l'interpretazione dell'organizzazione spaziale: l'analisi reticolare come superamento dei tradizionali criteri di aggregazione per polarizzazione ed omogeneità. Un'applicazione all'area nord-est di Milano», in Bielli M., Reggiani A. (a cura di), *Sistemi spaziali approcci e metodologie*, «Scienze Regionali» n. 15, Angeli, Milano.
- Moretti A., Santambrogio G., Villani P., 1995, «Trasporto pubblico su gomma: metodologie per un progetto territoriale», *Trasporti e Trazione*, n. 3, Masson, Milano.
- Muracchini L., 1967, *Introduzione alla teoria dei grafi*, Boringhieri, Torino.
- Ore O., 1983, *I grafi e le loro applicazioni*, Zanichelli, Bologna.
- Regione Lombardia, Settore Territorio Trasporti e Mobilità, 1993, *Individuazione dell'assetto complessivo delle aree di interscambio del servizio ferroviario regionale e della definizione di un quadro sistematico volto a classificarne i ruoli*, MM, Centro Studi Pim, Milano.
- Regione Lombardia, Settore Territorio Trasporti e Mobilità, 1995, *Costruzione delle alternative di politica degli interventi. Il trasporto passeggeri interno*, Aggiornamento del «Piano regionale dei trasporti», Transystem, Milano.
- Spagnolo A., Villani P., 1987, *Metodologie di analisi territoriale: teorie, casi studio, sperimentazioni. Un'applicazione all'area nord-est*, tesi di Laurea, Facoltà di Architettura, Politecnico di Milano.
- Ventre A., 1983, *Introduzione ai grafi planari*, Zanichelli, Bologna.

Tavole a colori

Individuazione della rete e dei nodi dell'interconnessione trasportistica nel territorio lombardo: le misure di forme e di gerarchia nell'assetto viabilistico e ferroviario, di Paola Villani

Tav. 1 - Grafo della rete viabilistica regionale



- Autostrade
- Autostrade in Svizzera
- Superstrade o Strade statali a più corsie
- Strade statali
- Strade provinciali o viabilità minore
- Confini comunali

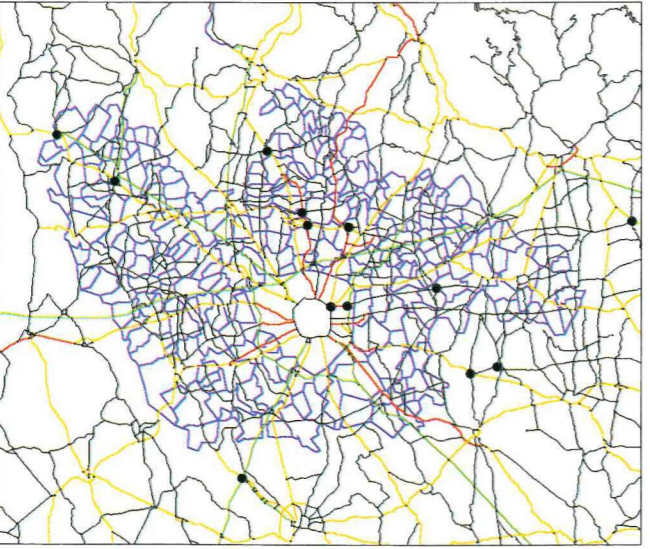
Tav. 2 - Rete viabilistica della provincia regionale: nodi con grado locale pari a 5 e grado locale composto maggiore di 21



Tav. 4 - Rete viabilistica regionale: nodi con grado locale pari a 5 o a 4 e grado locale composto maggiore o uguale a 20

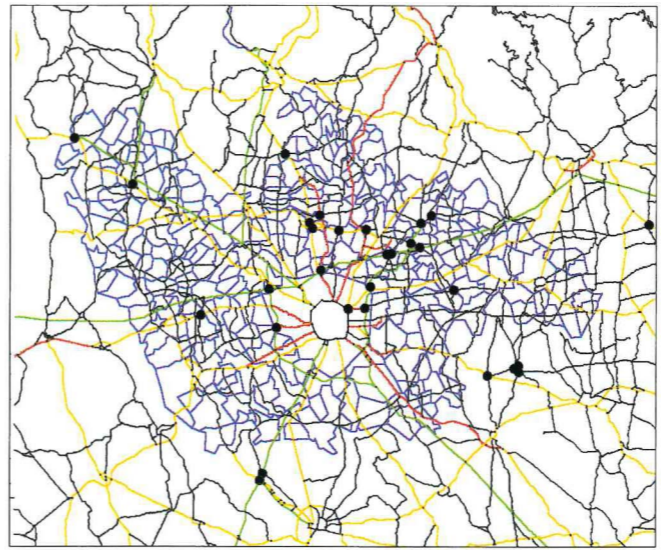


Tav. 3 - Rete viabilistica della provincia estesa: sono indicati in nero i nodi con grado locale pari a 5 o a 4 e grado locale composto maggiore di 21



- Autostrade
- Autostrade in Svizzera
- Superstrade o Strade statali a più corsie
- Strade statali
- Strade provinciali o viabilità minore
- Confini comunali
- Nodi di primo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 23
Sesto Calende-Vergiate (VA)
Tangenziale di Cremona (CR)
- Nodi di secondo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 22
Milano-Loreto
Monza Gallarate
Spino d'Adda
Beregardo-Pavia nord
- Nodi di terzo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 21 o 20
Calcinatè (BG)
Vimercate (MI)

Tav. 5 - Rete viabilistica della provincia estesa: sono indicati in nero i nodi con grado locale pari a 5 o a 4 e grado locale composto maggiore o uguale a 20



- Autostrade
- Autostrade in Svizzera
- Superstrade o Strade statali a più corsie
- Strade statali
- Strade provinciali o viabilità minore
- Confini comunali
- Nodi di primo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 23
Sesto Calende-Vergiate (VA)
Tangenziale di Cremona (CR)
- Nodi di secondo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 22
Milano-Loreto
Monza Gallarate
Spino d'Adda
Beregardo-Pavia nord
- Nodi di terzo livello:
grado locale 5 e grado locale composto 21 o 20
Calcinatè (BG)
Vimercate (MI)
- Altri nodi gerarchizzati:
grado locale pari a 4 e grado locale composto pari a 20

Tav. 6 - Il territorio lombardo suddiviso nei 32 ambienti insediativi



Ambienti insediativi considerati:

1	Milano	8	Lodi
2	Brianza Milanese	9	Como
3	Olona	10	Varese
4	Saronno	11	Lecchese
5	Magenta	12	Vigevano
6	Vimercate	13	Cremona
7	Pavia	14	Crema
		18	Bergamo

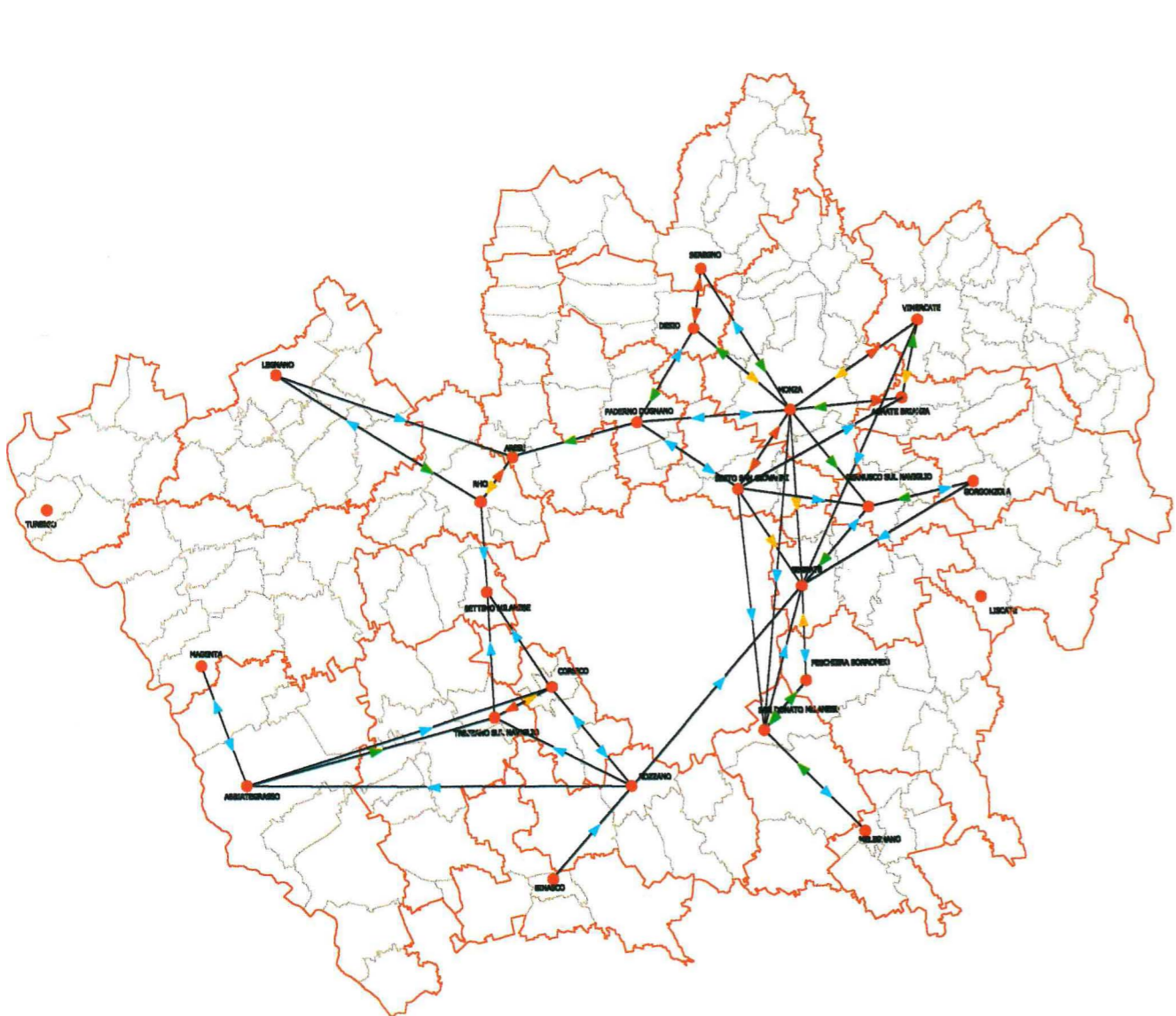
Tav. 7 - Nodi di polarizzazione viabilistica e ferroviaria



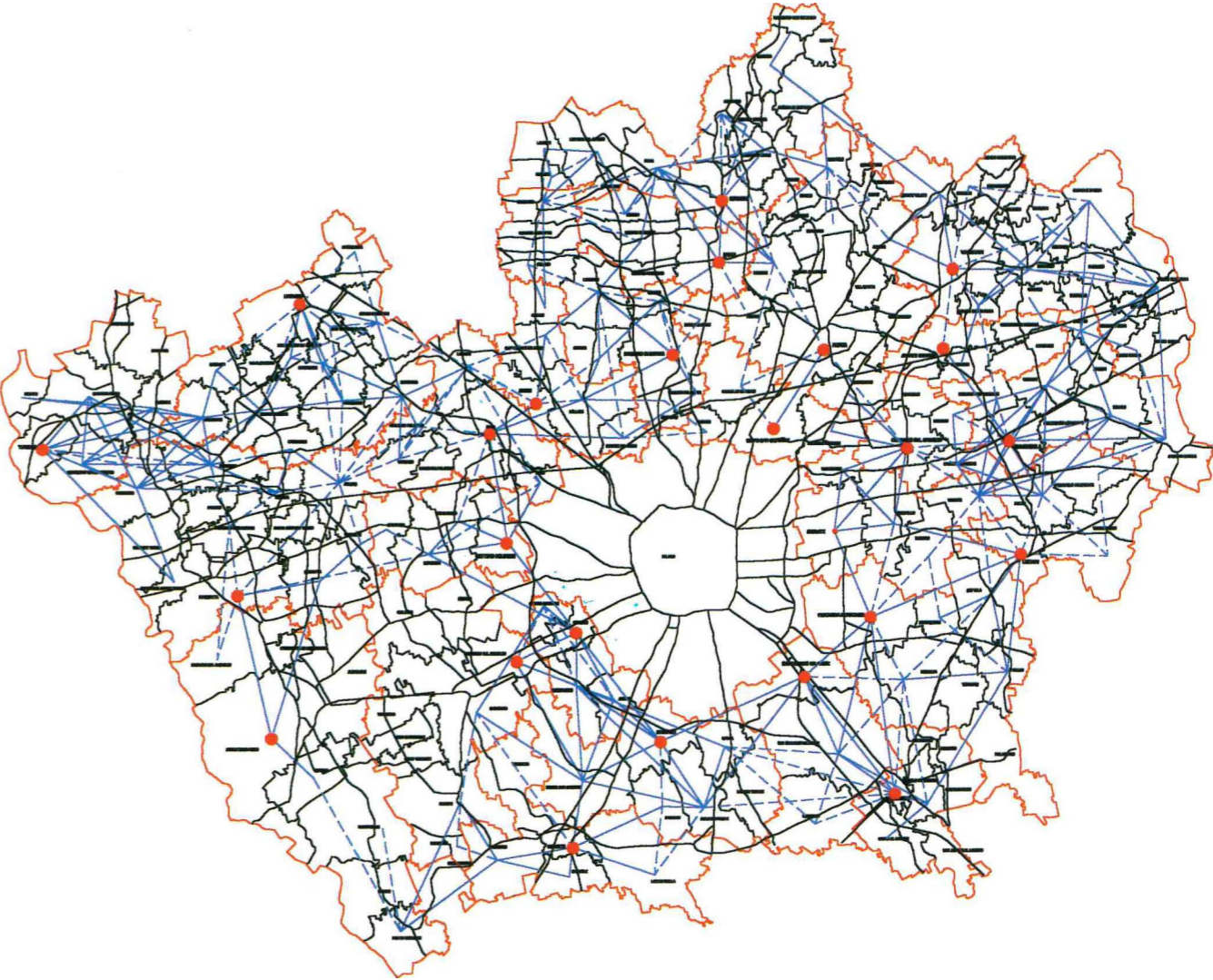
- Poli regionali forti
- Poli «geometrici»
- Poli intermedi a carattere lineare
- Poli storici
- Poli in divenire

- Autostrade
- Autostrade in Svizzera
- Superstrade o Strade statali a più corsie
- Strade statali
- Strade provinciali o viabilità minore
- Rete ferroviaria e linee metropolitane
- Confini comunali

Tav. 8 - Interrelazioni pendolari tra poli



- Flussi da 100 a 200
- Flussi da 200 a 400
- Flussi da 400 a 600
- Flussi > 600
- Poli
- Confine del sistema urbano



- Confine del sistema urbano
- Poli
- Sistema infrastrutturale
- Reticolo di interdipendenza non gerarchica
- - Reticolo di interdipendenza non gerarchica in formazione