

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Gestionale LM-31

Tesi di Laurea Magistrale

Mappatura delle attività economiche tramite l'analisi dell'intensità luminosa nelle immagini satellitari notturne: applicazione a livello di Sistemi Locale del Lavoro in Italia



Relatori

*prof.* Luigi Buzzacchi

*prof.* Antonio De Marco

Candidato

Gerardo Nardiello

Anno Accademico 2020/2021

A Donato,  
che da lassù mi osservi e  
mi aiuti a prendere le decisioni migliori.

# Sommario

|  |     |
|--|-----|
| INTRODUZIONE.....  | 1   |
| 1 STORIA.....  | 3   |
| 2 LE LUCI NOTTURNE .....   | 5   |
| 2.1 CARATTERISTICHE.....   | 5   |
| 2.1.1 <i>Processo di acquisizione e trattamento dei dati</i> .....                         | 5   |
| 2.2 INEFFICIENZE RISCONTRATE NEI DATI DMSP-OLS .....                                       | 9   |
| 2.2.1 <i>Geolocalizzazione</i> .....   | 10  |
| 2.2.2 <i>Qualità dell'immagine satellitare</i> .....                                       | 10  |
| 2.2.3 <i>Aspetti meteorologici e stagionali</i> .....                                      | 11  |
| 2.2.4 <i>Confronto inter- e intra- satellitare su differenti orizzonti temporali</i> ..... | 12  |
| 2.2.5 <i>Inefficienza di rilevazione per luoghi poco illuminati</i> .....                  | 13  |
| 2.2.6 <i>Bottom- e top- coding</i> .....   | 14  |
| 2.3 ARCHIVIO DIGITALE DEL NOAA .....   | 15  |
| 3 NIGHTLIGHTS E RICERCA ECONOMICA: UNA RASSEGNA.....                                       | 20  |
| 3.1 I DATI SATELLITARI COME PROXY DELLE ATTIVITÀ ECONOMICHE .....                          | 20  |
| 3.2 I DATI SATELLITARI COME PROXY DELLE ATTIVITÀ ECONOMICHE A LIVELLO LOCALE .....         | 25  |
| 4 ANALISI DEL CONTESTO ITALIANO .....  | 29  |
| 4.1 LO SCOPO DELLA RICERCA .....   | 29  |
| 4.2 I SISTEMI LOCALI DEL LAVORO .....  | 31  |
| 5 RACCOLTA DATI E STATISTICHE DESCRITTIVE.....   | 36  |
| 5.1 PROCESSO DI RACCOLTA DEI DATI .....  | 36  |
| 5.2 ANALISI INTER- ED INTRA- TEMPORALE TRA I SISTEMI LOCALI DEL LAVORO.....                | 39  |
| 5.2.1 <i>Andamenti dei principali Sistemi Locali del Lavoro in Italia</i> .....            | 40  |
| 5.2.2 <i>Andamento a livello aggregato dei Sistemi Locali del Lavoro</i> .....             | 43  |
| 5.3 CONFRONTO FRA I DATI DELLE LUCI NOTTURNE E I DATI SOCIOECONOMICI .....                 | 50  |
| 5.4 CONCLUSIONI .....  | 53  |
| 6 ANALISI ECONOMETRICA .....   | 56  |
| 6.1 ANALISI DEI SISTEMI LOCALI DEL LAVORO NEL 2001 .....                                   | 57  |
| 6.1.1 <i>Densità di popolazione</i> .....  | 57  |
| 6.1.2 <i>Densità di imprese</i> .....  | 58  |
| 6.1.3 <i>Densità di addetti</i> .....  | 67  |
| 6.1.4 <i>Confronto tra i modelli econometrici del 2001</i> .....                           | 75  |
| 6.2 ANALISI DEI SISTEMI LOCALI DEL LAVORO DEL 2011 .....                                   | 76  |
| 6.2.1 <i>Densità di popolazione</i> .....  | 76  |
| 6.2.2 <i>Densità di imprese</i> .....  | 76  |
| 6.2.3 <i>Densità di addetti</i> .....  | 86  |
| 6.2.4 <i>Confronto tra i modelli econometrici del 2011</i> .....                           | 94  |
| 6.3 CONFRONTO TRA IL 2001 E IL 2011 .....  | 95  |
| CONCLUSIONE .....  | 98  |
| BIBLIOGRAFIA.....  | 101 |
| SITOGRAFIA .....   | 104 |
| APPENDICE A .....  | 105 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| APPENDICE B.....    | 106 |
| APPENDICE C.....    | 110 |
| APPENDICE D.....    | 115 |
| APPENDICE E.....    | 118 |
| APPENDICE F.....    | 119 |
| APPENDICE G.....    | 122 |
| APPENDICE H .....   | 124 |
| APPENDICE I.....    | 125 |
| APPENDICE J.....    | 127 |
| APPENDICE K .....   | 129 |
| APPENDICE L.....    | 137 |
| APPENDICE M.....    | 145 |
| APPENDICE N.....    | 152 |
| RINGRAZIAMENTI..... | 159 |

## Introduzione

Il seguente testo si pone come obiettivo comprendere se è possibile utilizzare l'intensità luminosa catturata dalle immagini satellitari notturne come proxy per determinare l'attività economica nei Paesi, in particolare, si tenta di comprendere se questa fonte di dati possa essere una valida alternativa alle fonti statistiche per descrivere l'attività economica in Italia.

Alla base dello studio è presente un filone di ricerca condotto da numerosi scienziati che perseguono l'obiettivo di determinare l'attività economica in Paesi in via di sviluppo e nei Paesi sviluppati sia a livello nazionale sia a livello locale. In particolare, per quel che riguarda i Paesi in via di sviluppo l'obiettivo è la validazione di questa tipologia di dati per poter reperire delle informazioni del contesto economico e lo sviluppo dello stesso in contesti nei quali tali informazioni o non sono presenti oppure sono difformi. Nel seguente testo si determina l'attività economica in un Paese sviluppato come l'Italia e, come unità di riferimento sono stati definiti i Sistemi Locali del Lavoro. Per quel che riguarda l'aspetto teorico, per definizione, Sistemi Locali del Lavoro sono composti da un insieme di località in cui il flusso di popolazione presente risiede e/o è occupata a livello lavorativo e dove hanno luogo gran parte delle relazioni sociali ed economiche, pertanto risulta essere una base di misura valida per descrivere la distribuzione dell'attività economica nel Paese. Per quel che riguarda l'aspetto applicativo per poter effettuare delle comparazioni inter- ed intra- annuali è stato supposto che i Sistemi Locali del Lavoro siano rimasti immutati per tutto l'orizzonte temporale e, poiché è dal 1981 che con cadenza decennale vengono aggiornati, sono stati considerati i SLL più recenti ossia risalenti al 2011. Infine, per quel che riguarda l'aspetto tecnico, le immagini satellitari notturne presentano alcune inefficienze e ciò potrebbe potenzialmente portare a valutazioni erranee. Pertanto, per quest'ultimo problema si dimostra che mediante le immagini satellitari notturne è più arduo definire i confini amministrativi delle città e quindi considerando una dimensione maggiore l'impatto che ha l'errore viene contenuto.

Inoltre, la fonte dal quale sono state reperite le immagini satellitari notturne è il database digitale istituito dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) la cui serie temporale va dal 1992 al 2013. Per poter perseguire tale obiettivo è stato adoperato un programma GIS (Geographic Information System) al fine di convertire i pixel delle immagini satellitari notturne in dati quantitativi.

La seguente analisi si articola in due fasi. Nella prima fase viene approfondita la fattibilità dell'utilizzo delle luci notturne come proxy per descrivere l'attività economica in Italia e, per tale scopo sono state eseguiti dei confronti inter- ed intra- annuali tra i vari Sistemi Locali del Lavoro con l'ausilio di statistiche descrittive in un orizzonte temporale che va dal 1992 al 2013. Nella seconda parte sono state eseguite due applicazioni pratiche: poiché i censimenti delle imprese e dei soggetti operanti in tali imprese vengono aggiornati con una cadenza decennale, sono stati adottati i censimenti relativi al 2001 e al 2011. Lo scopo di queste applicazioni pratiche, oltre a verificare l'efficacia della fonte dati, è comprendere quale sorgente tra la densità di popolazione, le attività industriali e i servizi influenza maggiormente la distribuzione dell'intensità luminosa nella penisola italiana. Essendo, sostanzialmente tre sorgenti che usufruiscono dell'illuminazione, sembra opportuno ipotizzare la presenza di correlazioni tra le tre sorgenti e, si ipotizza inoltre che tale correlazione sia positiva. Un ulteriore approfondimento si concentra sulla determinazione degli effetti marginali dei settori dell'industria e dei servizi con lo scopo di comprendere in maniera specifica quali sono le sorgenti che influenzano l'intensità luminosa.

Per poter procedere nella trattazione è opportuno precisare che il presente lavoro è – a nostra conoscenza - il primo a testare se e come i dati delle luci notturne possano costituire una proxy valida dell'attività economica in Italia. Inaugura pertanto, un filone di ricerca che verrà successivamente arricchito ed affinato. In questo senso, le analisi sono state volontariamente introdotte per testare le potenzialità dei dati 'grezzi', cioè non trattati per eliminare le distorsioni illustrate nel secondo capitolo del testo attraverso le euristiche presentate sia nel secondo capitolo che nel terzo capitolo. In generale dalle analisi emerge che la distribuzione dell'intensità luminosa è una valida fonte dati per definire la distribuzione della popolazione e l'attività economica. Inoltre, per quel che riguarda l'attività economica sia per il 2001 che per il 2011 si nota come il settore dell'industria ha un maggior impatto sull'intensità luminosa anche se il numero di imprese e di addetti operanti nel settore è minore rispetto al numero di imprese operanti e gli addetti operanti nel settore terziario.

A livello strutturale, il seguente testo si articola in sette capitoli. Il primo capitolo espone un excursus storico nella quale viene descritto il motivo per il quale la NASA ha avviato il programma Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) che ha portato al lancio di numerosi satelliti a partire dagli anni '60. Nel secondo capitolo vengono esplicitati tutti gli aspetti tecnici relativi al processo di acquisizione e di processamento dei dati, le caratteristiche dei dati 'grezzi' e le caratteristiche del database creato dal NOAA. Nel terzo capitolo viene definita una rassegna dei principali studi in ambito socioeconomico nei quali è stata testata l'efficacia di questa fonte dati alternativa. A partire dal quarto capitolo il focus è posto sull'oggetto e l'obiettivo del seguente testo con un approfondimento sulla natura delle variabili economiche adottate ed il motivo per il quale sono state considerate. Nel quinto capitolo viene definita la prima fase di analisi relativa al confronto inter- ed intra- annuale tra i differenti Sistemi Locali del Lavoro con un ulteriore confronto con i dati economici e demografici. Nel sesto capitolo viene esposta l'applicazione pratica della ricerca mediante: lo studio delle correlazioni tra l'intensità luminosa e i singoli settori considerati, l'analisi delle statistiche descrittive delle singole variabili ed infine, l'analisi econometrica relativa ai dati del 2001 e del 2011. Inoltre, per quel che riguarda la parte analitica, ulteriori approfondimenti sono esposti nei rispettivi Appendici. Infine, nella parte conclusiva del testo vengono definiti gli esiti dell'analisi.

# 1 Storia

Le vicende illustrate in questo capitolo hanno inizio in una data ben precisa: 1 ° aprile 1960; ovvero l'anno in cui fu lanciato nello spazio il primo satellite meteorologico sperimentale della NASA, TIROS-I. Due anni dopo ebbe ufficialmente inizio il Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) che, inizialmente era noto come Programma 35.

La mission di DMSP era di (Dickinson et al., 1974):

- raccogliere dati su scala globale sui parametri principali delle condizioni atmosferiche<sup>1</sup> e fornire questi dati all'Air Force Global Weather Central (AFGWC);
- fornire informazioni in tempo reale sullo stato delle condizioni atmosferiche alle stazioni meteorologiche dislocate in luoghi chiave in tutto il mondo al fine di consentire una previsione più accurata delle condizioni meteorologiche;
- implementare lo sviluppo della tecnologia satellitare ambientale per soddisfare i requisiti del Dipartimento della Difesa (DoD).

Il primo lancio di successo avvenne nell'agosto del 1962; il satellite in questione era dotato di telecamera Tv ad otturatore. Dopo di che si susseguirono una serie di lanci che portarono in orbita 57 satelliti.

Da quando ebbe inizio, tale progetto rimase in regime di segretezza e fu reso pubblico solo un decennio dopo. Era il 6 marzo 1973 quando il Sottosegretario dell'Air Force, annunciò che le immagini satellitari notturne meteorologiche del Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) sarebbero state raccolte e rese di dominio pubblico. Tuttavia, i primi 20 anni di immagini sono stati registrati su pellicole, il che ha notevolmente ostacolato l'accessibilità e l'applicazione di questi set di dati (Huang et al., 2014).

I vari veicoli spaziali lanciati sono stati successivamente raggruppati in generazioni dette "blocchi" (in totale sono stati definiti 5 blocchi) ed ognuno di questi blocchi è contraddistinto da un preciso segmento temporale<sup>2</sup> (Fig. 1 e 2).

Nel 1976, con i satelliti del blocco DMSP-5D, è stato introdotto l'Operational Linescan System (OLS) composto da due telescopi che scansano il suolo terrestre tracciando due differenti lunghezze d'onda della banda di luce ed un tubo fotomoltiplicatore (PMT) che supporta la scansione nei momenti in cui l'intensità delle fonti luminose esterne è debole<sup>3</sup>. Attraverso OLS si potevano ottenere informazioni più qualitative sulle condizioni meteorologiche su scala globale diurna e notturna rispetto ai sistemi installati nei satelliti appartenenti alle precedenti generazioni (Lieske, 1981).

Il primo articolo scientifico sul tema delle immagini satellitari notturne è stato pubblicato da Croft nel 1978. In tale articolo veniva esaltato il potenziale di questa tecnologia che, munita del sensore

---

<sup>1</sup> I parametri principali delle condizioni atmosferiche sono: la temperatura dell'aria, l'umidità atmosferica, la pressione atmosferica, la radiazione solare e il vento.

<sup>2</sup> Nel Defense Satellite Application Program Block 1 (DMSP - 1) sono inclusi tutti i satelliti lanciati da 1962 al 1965. Di seguito ci sono DMSP-2 (1965 - 1966), DMSP-3 (1965), DMSP-4A (1965 - 1967), DMSP-5A (1968 - 1971), DMSP-5B (1971 - 1974), DMSP-5C (1974 - 1976) e, DMSP-5D (1976 - 2014).

<sup>3</sup> Ulteriori approfondimenti sono trattati nella sezione delle Caratteristiche Tecniche.

Operational Linescan System (OLS), consentiva di individuare una serie di deboli sorgenti di luce provenienti dalle città, dagli incendi e dal gas flaring<sup>4</sup>.

Nel 1992 la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ha creato un archivio digitale contenente le immagini satellitari delle luci notturne rendendole accessibili a tutta la comunità scientifica. Tale raccolta consiste di una serie temporale d'immagini che va dal 1992 al 2013, anno in cui è stata interrotta.

Il primo documento di ricerca nell'ambito della disciplina economica che ha studiato la possibilità di una possibile correlazione tra variabili economiche e immagini satellitari notturne è stato proposto da Sutton e Costanza (2002) che utilizzano le immagini satellitari per definire il livello di attività economica di un Paese.

Tuttavia, date le inefficienze rilevate nel corso degli anni sia per il processo di scansione e sia per la scarsa qualità delle immagini prodotte da tali satelliti, nel 2011 è stato lanciato dalla NASA il satellite Suomi National Polar-Orbiting Partnership con a bordo il sensore Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)<sup>5</sup>.

Nel 2015 è stato archiviato il programma DMSP.



Figura 1: Satellite DMSP Block-1 in attività dal 1962 al 1965.



Figura 2: Satellite DMSP Block-5D in attività dal 1976.

---

<sup>4</sup> Il gas flaring è una pratica ampiamente utilizzata per lo smaltimento del gas associato agli impianti di produzione e lavorazione del petrolio.

<sup>5</sup> Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). URL: (<https://ncc.nesdis.noaa.gov/VIIRS/>).

## 2 Le luci notturne

Nel seguente capitolo vengono trattati alcuni aspetti tecnici con lo scopo di comprendere il processo di acquisizione delle immagini satellitari, l'entità dei dati provenienti dalle immagini satellitari notturne ed una serie di aspetti tecnici volti a sottolinearne la qualità dei dati.

Nella prima parte viene descritto il processo di scansione e di raccolta dati dei satelliti in orbita e successivamente, viene descritto il processo di sgrossatura a cui sono sottoposte le immagini satellitari notturne per eliminare una serie di rumori di fondo provenienti da fonti luminose esterne e dai fenomeni atmosferici.

Nella seconda parte vengono definite tutte le inefficienze che, nel corso del tempo, sono state individuate dagli scienziati e vengono esposti anche dei metodi empirici attraverso il quale sono stati contenuti gli effetti fissi; per quel che riguarda i metodi empirici, a livello macro possono essere suddivisi in due differenti modalità. Da un lato, come viene descritto nel paragrafo dedicato al fenomeno del "blurring", lo scopo è di minimizzare al massimo gli effetti dovuti alla bassa qualità delle immagini satellitari notturne raccolte dai satelliti posti a 840 km di altezza rispetto alla superficie terrestre. Dall'altro, come verrà descritto nel paragrafo dedicato alla "geolocalizzazione", lo scopo di tali metodi è di comprenderne a fondo la natura del problema e gli effetti che provoca per capire se tali inefficienze si verificano in casi particolari oppure se di default tali inefficienze sono radicate nelle immagini satellitari; una volta compresa l'entità dell'errore viene definita una costante o una variabile dummy, a seconda del modello considerato, per tenere in considerazione l'impatto di tali inefficienze e correggere opportunamente l'output dell'analisi.

Nella terza parte, viene fornita una descrizione dell'archivio digitale creato dal NOAA per comprendere la tipologia di dati sono stati utilizzati nella seguente trattazione.

### 2.1 Caratteristiche

Gli aspetti tecnici relativi alla progettazione e al funzionamento (ad esempio la meccanica del processo di scansione, lo stazionamento nell'orbita, la ricezione e l'invio dei dati) dei satelliti con il quale vengono acquisite le informazioni esulano dagli scopi di questa ricerca; tuttavia, senza entrare in eccessivo dettaglio alcune informazioni generali inerenti alla scansione e al processamento dei dati sono indispensabili per comprendere la natura dei dati, le loro potenzialità, i loro limiti e le tecniche sviluppate per poter contenere l'impatto della scarsa qualità dei dati.

#### 2.1.1 Processo di acquisizione e trattamento dei dati

Il dataset messo a disposizione del NOAA copre un orizzonte temporale che va dal 1992 al 2013; pertanto, per quel che riguarda il programma DMSP il focus della seguente trattazione è sulle immagini satellitari notturne provenienti dai satelliti del blocco DMSP-5D dotati del sistema OLS (Fig. 3).

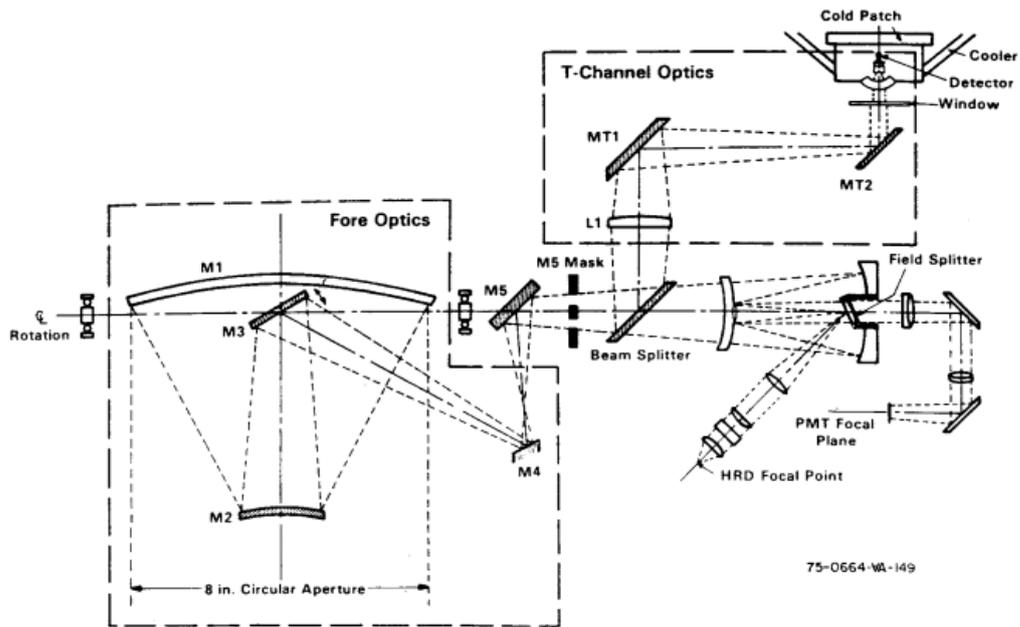


Figura 3: Sistema OLS installato sui satelliti DMSP Block-5D in attività dal 1976.

La costellazione di satelliti DMSP orbita ad un'altezza di circa 840 km rispetto alla superficie terrestre (nadir) e percorre una traiettoria rettilinea rispetto al suolo; inoltre, il sensore ottico a bordo del satellite riesce a scansionare il suolo terrestre in larghezza (swath), da un estremo all'altro, per circa 3000 km (Fig. 4).

Per poter comprendere meglio come avviene la scansione, si può immaginare di avvolgere la Terra che ruota attorno al proprio asse con un nastro partendo dal Polo Sud e arrivando al Polo Nord; in tal caso, la direzione del moto che va dal Polo Sud al Polo Nord coincide con l'orbita percorsa dal satellite invece, la direzione del moto con il quale si avvolge la Terra corrisponde con la direzione con la quale avviene la scansione (Fig. 5). Questo tipo di scansione viene fatta dal satellite due volte al giorno per tutto l'anno.

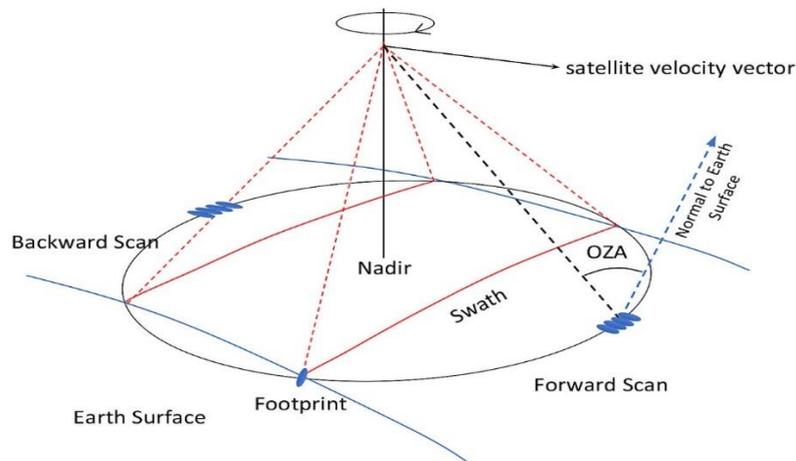


Figura 4: La geometria di scansione del satellite DMSP-OLS.

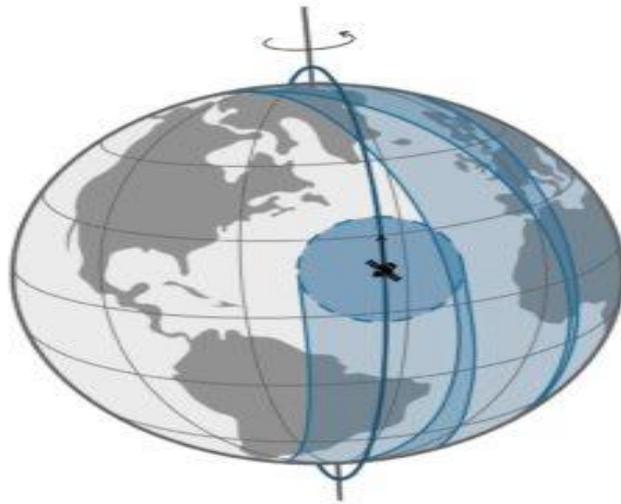


Figura 5: Rappresentazione del moto di scansione dei satelliti.

Inoltre, dato lo specifico processo di scansione, si evince che se nei punti esterni che distano circa 1500 km rispetto al nadir la scansione non viene eseguita perpendicolarmente ma con un'angolazione di circa 60 gradi rispetto al punto in cui è posizionato il satellite.

Inoltre, il moto con il quale i satelliti DMSP-OLS percorrono l'orbita è sincronizzato di 101 minuti rispetto all'evoluzione della luce solare durante il giorno. Questa particolarità consente al satellite di scandire ogni punto della superficie terrestre alla medesima ora solare locale e, così facendo è possibile mantenere costante l'impatto dell'intensità della luce solare durante la completa scansione della superficie terrestre. Questa peculiarità in relazione allo specifico periodo dell'anno consente ai satelliti di scandire i punti opposti sulla superficie terrestre o nella fase alba-tramonto o nella fase giorno-notte. In generale, il monitoraggio avviene nelle ore serali locali tra le 20:30 e le 22:00 in tutto il mondo ogni giorno.

Un altro aspetto molto importante da analizzare è l'Operational Linescan System (OLS). Il sistema OLS è stato progettato per monitorare le condizioni atmosferiche durante le varie fasi della giornata e qualunque sia l'intensità delle fonti luminose esterne. Infatti, rispetto ai suoi predecessori è composto da due telescopi ed un tubo fotomoltiplicatore (PMT).

I due telescopi scandiscono la superficie terrestre con due bande di luce differenti: il telescopio TIR (thermal infrared) dispone di una banda termica sensibile alle radiazioni aventi una lunghezza d'onda tra  $10,0\ \mu\text{m}$  e  $13,4\ \mu\text{m}$  e il telescopio VIS (visible) dispone di una banda visibile sensibile alla radiazione da  $0,4\ \mu\text{m}$  a  $1,1\ \mu\text{m}$ .

Il tubo fotomoltiplicatore (PMT) è sensibile alle radiazioni da  $0,47\ \mu\text{m}$  a  $0,95\ \mu\text{m}$ . La peculiarità del PMT è di intensificare lo spettro del visibile fino ad un milione di volte e, tale dispositivo entra in gioco quando la luce esterna è molto debole (ossia quando la luna si trova nella prima fase) (Fig. 6). Questo miglioramento detto "gain-settings", che viene regolato automaticamente in base alla luminosità prevista, permette di osservare l'influenza delle attività umane come luci emesse dalle città, dagli incendi, dalle nubi di gas e dalle barche da pesca fortemente illuminate.

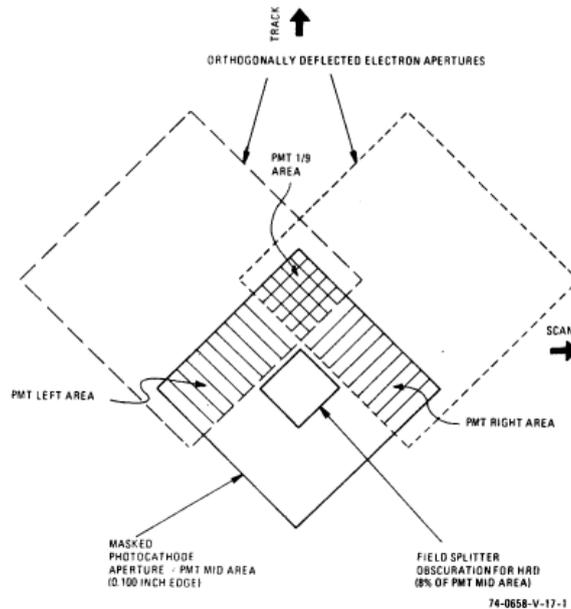


Figura 6: Sistema PMT installato sui satelliti DMSP Block-5D in attività dal 1976.

Inoltre, il sistema OLS rileva i dati ad una risoluzione spaziale di circa  $0,56 \text{ km}^2$ ; ciò significa che ogni pixel rappresenta una porzione di superficie terrestre di circa  $0,56 \text{ km}^2$ . Tuttavia, entrano in gioco due fattori: da un lato si ha un limite di capacità nella raccolta dati e dall'altro un problema di allocazione della luce rilevata. Entrambe le tematiche verranno approfondite nel capitolo successivo.

Per quel che riguarda il campo visivo, il sistema OLS alloca la luce al centro del pixel per ogni pixel della rappresentazione complessiva (Elvidge et al., 1997); pertanto, le aree (come città, incendi, ecc.) le cui dimensioni eccedono quelle del pixel "fine", verrebbero rappresentate in modo erroneo. Allo stesso tempo, nei punti più esterni la scansione non è perpendicolare alla posizione del satellite ma avviene con un'angolazione che va da 0 gradi a circa 60 gradi rispetto alla posizione del satellite e per tale motivo, le fonti luminose individuate agli estremi hanno dimensioni maggiori rispetto alle dimensioni della cella a risoluzione fine ( $0,56 \text{ km}^2$ ). A tale difettosità si aggiunge l'impostazione del sistema OLS che attribuisce la luce al centro della cella a risoluzione fine.

Per ovviare a tale difformità i dati raccolti subiscono un processo detto "smoothing" che si compone di due fasi. Nella prima fase i pixel adiacenti vengono raggruppati in blocchi di  $5 \times 5$  formando aree di circa  $7,84 \text{ km}^2$  ( $2,8 \text{ km} \times 2,8 \text{ km}$ ). Successivamente, nella seconda fase, mediante la media fra le intensità di luce di ogni pixel, si andranno ad uniformare i "picchi". Tale processo di smoothing consente anche di ottenere un risparmio della memoria necessaria per immagazzinare i dati; infatti, i dati da una risoluzione "fine" a 8 bit vengono aggregati e uniformati a blocchi di  $2,8 \text{ km} \times 2,8 \text{ km}$  e ciò consente di ridurre la risoluzione a 6 bit<sup>6</sup>. Pertanto, questa procedura porta il Numero Digitale (DN) ad acquisire un valore tra 0 e  $63^7$ .

<sup>6</sup> A seconda del numero di bit assegnati per la risoluzione si ottengono determinati range di valori che quantificano l'intensità delle luci notturne. Una quantizzazione a 8 bit implica  $2^8 = 256$  valori possibili (0 – 255); invece una quantizzazione a 6 bit implica  $2^6 = 64$  valori possibili (0 – 63).

<sup>7</sup> Un ulteriore approfondimento viene eseguito quando verranno definiti i file raster.

Più nel dettaglio, il campo di vista istantaneo<sup>8</sup> (IFOV) dei dati a risoluzione fine, raccolti dal PMT, è di 2,2 km<sup>2</sup> al nadir e si espande fino a 4,3 km<sup>2</sup> a 800 km dal nadir. A 800 km il fascio di elettroni PMT si sposta per limitare l'ingrandimento dei pixel riducendo l'IFOV a 3 km<sup>2</sup>. Invece, ai margini dello swath l'IFOV è di 5,4 km<sup>2</sup>. Quindi l'IFOV è notevolmente più grande del GSD<sup>9</sup>. Per i dati smoothed, l'IFOV al nadir è di 5 km<sup>2</sup> e al bordo dell'andana (swath) è di circa 7 km<sup>2</sup> (Tuttle et al., 2013).

Una volta ottenuti questi dati, l'Earth Observation Group del NOAA elabora i dati provenienti dal satellite utilizzando un algoritmo avanzato che pulisce i dati grezzi partendo dai pixel collocati nella metà centrale dello swath di 3000 km poiché questi hanno una migliore geolocalizzazione, sono più piccoli e hanno più coerenza radiometrica.

La fonte luminosa e il bagliore provenienti dal sole vengono individuate ed esclusi in base all'angolo di elevazione solare e, allo stesso modo la fonte luminosa proveniente dalla luna viene esclusa tenendo in considerazione sia l'angolazione sia il ciclo lunare presente. Anche l'aurora viene esclusa e pertanto, vengono trattate solo le osservazioni senza nuvole (Baugh et al., 2010).

L'ultimo passaggio consiste nel processare tali immagini "sgrossate" sottoponendole ad una serie di controlli qualità per eliminare gli eventi effimeri (come gli incendi boschivi e altri rumori) e per selezionare le varie porzioni d'immagine che andranno poi a definire il composito annuale. Le immagini che vengono "accettate" vengono poi adattate in griglie da 30 secondi d'arco che si estendono da -180 gradi a 180 gradi di longitudine e da -65 gradi a 75 gradi di latitudine (un'area di circa 930 m x 930 m all'equatore).

È stato stimato che il numero medio di notti valide per un dato pixel negli anni satellite è 39,2 (Keola et al., 2015) e tipicamente varia tra 20 e 100 (Elvidge et al., 2009a).

## 2.2 Inefficienze riscontrate nei dati DMSP-OLS

Le immagini satellitari notturne provenienti dai satelliti DMSP-OLS presentano alcune inefficienze dovute a molteplici fattori che riguardano sia la qualità di risoluzione delle immagini satellitari notturne sia il processo con il quale viene eseguita la scansione della superficie terrestre.

Numerosi studi oltre ad aver evidenziato tali inefficienze, hanno proposto delle possibili soluzioni empiriche con lo scopo di contenere l'impatto di tali effetti oppure di rendere fissi tali effetti. Nel primo caso, apportando le giuste modifiche è possibile rendere le immagini satellitari notturne maggiormente rappresentative della realtà. Invece, nel secondo caso la strategia adottata consiste nell'analizzare la diffusione delle difettosità dei dati sia osservando le fonti luminose di diversi Paesi nello stesso anno (intra-annuale) sia osservando le fonti luminose di uno stesso Paese in un orizzonte temporale più lungo (dai 5 ai 22 anni) e, successivamente individuare la possibile esistenza di trend e quantificarne l'impatto. Tuttavia, dalla descrizione di tali inefficienze in questo paragrafo, emerge l'impossibilità di trovare una soluzione empirica valida che possa minimizzare alcuni effetti.

---

<sup>8</sup> Un esempio di campo di vista istantaneo è l'area illuminata da una torcia il cui flusso luminoso è proiettato verso una superficie.

<sup>9</sup> Il ground-sample distance (GSD) corrisponde alla risoluzione fine di 0,55 km<sup>2</sup>.

Alla luce di tali inefficienze è stato lanciato dalla NASA il satellite Suomi-NPP contenente un sistema di scansione VIIRS molto più performante rispetto al sistema OLS<sup>10</sup>. L'analisi relativa alle differenze di tali tecnologie esula dallo scopo di questo testo; inoltre, è stato necessario utilizzare questa fonte di dati perché il periodo di riferimento considerato nel seguente studio va da 1992 al 2013 e, il satellite Suomi NPP-VIIRS è stato lanciato nel 2011.

### 2.2.1 Geolocalizzazione

Il problema della geolocalizzazione nasce sostanzialmente per due motivi: da un lato è dovuto alla qualità della scannerizzazione dei dati proveniente dai vari satelliti, dall'altro, dall'allocazione dei punti luminosi da parte del sistema OLS

Tramite un esperimento con una fonte luminosa artificiale collocata in un'area in cui era assente qualsiasi fonte luminosa (Tuttle et al., 2013 ed Elvidge et al., 2004b<sup>11</sup>) è stato dimostrato che i vari satelliti mostrano un errore sistematico nella geolocalizzazione dei pixel luminosi. Tale errore è influenzato non solo dall'angolazione con cui i vari satelliti monitorano la zona ma, viene ulteriormente amplificato nel momento in cui viene attuato il processo di smoothing descritto in precedenza. Per comprendere al meglio gli effetti dell'angolazione si può considerare la superficie illuminata da una torcia; puntando la torcia in direzione perpendicolare ad una superficie, la zona illuminata assume una forma circolare invece, puntando la torcia su una superficie con un'angolazione differente, la zona illuminata assume una forma più ellittica. Pertanto, nei punti più estremi l'allocazione dei punti luminosi è più grossolana.

Un esempio è la comparazione tra i satelliti F16 e F18. Considerando i dati derivanti dai pixel fini è stato dimostrato che la distanza fra il punto definito da dati GPS e il punto definito dal satellite è mediamente di 2,49 km per F16 e 2,88 km per F18. Dopo il processo di smoothing, la distanza aumenta rispettivamente di 0,1 km e di 0,25 km per i due satelliti. In aggregato, l'errore sistematico è mediamente di 2,9 km.

### 2.2.2 Qualità dell'immagine satellitare

La risoluzione dell'immagine contiene un errore sistematico sia nella fase di scansione da parte del satellite sia nella fase di correzione della stessa da parte del sistema a bordo del satellite.

Dato il processo di scansione, si nota come il campo di vista (FOV) non ha una forma circolare di dimensione costante ma agli estremi assume una forma ellittica. Per tale motivo si manifesta il fenomeno dell'"overlapping": dato che il pixel luminoso assume una forma ellittica, gli estremi non potranno più essere contenuti entro i limiti di una cella a risoluzione fine (0,56 km<sup>2</sup>) e andranno ad influenzare le celle adiacenti. In aggiunta, il sistema OLS ha un setting per il quale il pixel luminoso viene collocato al centro della cella fine. Pertanto, se la fonte luminosa viene rilevata con una forma ellittica, gli estremi cadranno nelle celle adiacenti e la fonte di luce verrà poi collocata al centro delle celle adiacenti.

---

<sup>10</sup> Ulteriori approfondimenti sulle differenze tra le caratteristiche del satellite DMSP-OLS e le caratteristiche del satellite Suomi-NPP VIIRS sono presenti nel documento di ricerca scientifico Elvidge et al., 2013.

<sup>11</sup> In Elvidge et al., (2004b) viene osservata l'accuratezza dei dati provenienti dai satelliti F10, F12, F14 e F15.

Nella fase successiva per ovviare a tale problema, si attua il processo di correzione smoothing attraverso il quale le celle di risoluzione fine vengono prima aggregate in griglie le cui celle coprono una superficie di circa 7,84 km<sup>2</sup> e dopo vengono uniformati i picchi di luce.

Tuttavia, se da un lato è stato risolto il problema dell'overlapping, dall'altro si crea il problema della sfocatura dell'immagine (blurring) per cui le fonti luminose appaiono più grandi del dovuto (Fig. 7). L'impatto di tale fenomeno dipende soprattutto dall'intensità della luce presente nei pixel; infatti, attraverso il processo di smoothing più i pixel hanno DN elevati e più tale sfocatura si propaga.

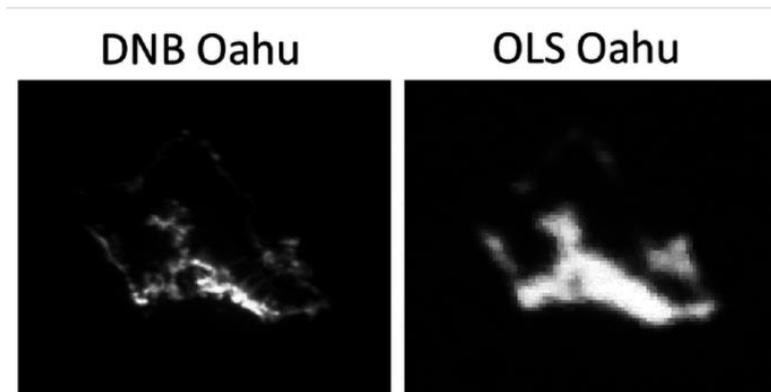


Figura 7: L'isola Oahu (Hawaii), 2012. A sinistra viene mostrata la risoluzione garantita dal sistema DNB del satellite Suomi NPP-VIIRS e, a destra viene mostrata la risoluzione garantita dal sistema OLS del satellite DMSP. Si notano il fenomeno dell'overlapping (nella zona centrale dell'isola) e il fenomeno di blurring (sulle coste dell'isola). Fonte: Elvidge et al., 2013.

Abrahams et al., (2018) definirono un metodo empirico<sup>12</sup> per rimuovere tutti gli effetti della sfocatura dai dati di luminosità. La soluzione consiste nell'inversione della matrice di distorsione.

Considerando l'equazione  $y=Ax$  dove "y" è un vettore di valori di intensità della luce, "x" è il vettore immagine reale moltiplicato per la matrice di distorsione "A". Invertendo la matrice di distorsione si ottiene il vettore immagine reale ( $yA^{-1}=x$ ) (Chao et al., 2020). Nel caso in cui fosse presente del "rumore", prima di invertire la matrice sarà di prioritaria importanza ridurlo. Tale metodo fu applicato per stimare in modo più accurato l'estensione dei confini della città nel caso di oltre undici città dell'Africa subsahariana e dell'Asia meridionale. L'esito di tale metodo è una sensibile riduzione della sfocatura e, di conseguenza una sensibile riduzione della sovrastima delle fonti luminose.

### 2.2.3 Aspetti meteorologici e stagionali

I satelliti DMSP-OLS stazionano su orbita sincrona con il sole, pertanto, la scansione dei vari punti sulla superficie terrestre viene eseguita nelle ore serali tra le 20:30 e le 22:00 ora locale in tutto il mondo ogni giorno tutto l'anno.

---

<sup>12</sup> Alla base del metodo è presente una analisi dettagliata sul processo di acquisizione dei dati in base all'altitudine del satellite, al raggio della sua ottica e alla sua posizione sopra la superficie terrestre in una determinata notte.

Come visto in precedenza le fonti luminose esterne possono influenzare notevolmente i dati e, anche se soggette a rielaborazioni da parte del NOAA alcuni fattori non sono totalmente controllabili. Per quel che riguarda l'influenza delle fonti luminose esterne sono stati individuati tre fattori rilevanti.

Il primo fattore sono le stagioni: la durata della luce solare non è costante nel tempo per cui nella medesima fascia oraria nel corso dell'anno sono presenti diverse intensità di luce. Proprio questa particolarità influenza l'attività economica nei vari Paesi soprattutto nelle località turistiche.

Il secondo fattore rilevante sono le condizioni meteorologiche poiché non sono costanti nei vari Paesi in tutto l'anno e non è possibile ottenere uno scenario in cui è presente le medesime condizioni atmosferiche in tutto il mondo.

Il terzo fattore rilevante è l'evoluzione delle fasi lunari: l'intensità della luce lunare varia in base al ciclo lunare.

Pertanto, il sistema OLS per rendere la scansione uniforme e risolvere il problema della scarsa luminosità mette in moto un processo di compensazione grazie al tubo fotomoltiplicatore (PMT); tuttavia, il PMT si attiva automaticamente per cui, determinati siti possono essere soggetti a diverse intensità di amplificazioni e, negli anni, gli stessi siti possono essere soggetti ad amplificazioni differenti.

Inoltre, per via delle condizioni meteorologiche presenti in varie zone, non vengono considerate per ogni sito lo stesso numero di notti. Nei luoghi più nuvolosi vengono mediamente considerate un numero di notti inferiori (Gibson et al., 2020).

#### **2.2.4 Confronto inter- e intra- satellitare su differenti orizzonti temporali**

Il problema del confronto intra- e inter- satellite ha due cause ben definite.

- I satelliti DMSP sono nati per raccogliere dati giornalieri sulle condizioni meteorologiche con lo scopo di assistere l'aviazione americana ma, il setting iniziale non prevedeva una raccolta di questi dati;
- Il sistema OLS è assistito da un tubo fotomoltiplicatore (PMT) che automaticamente adatta la scansione alle condizioni di luce esterna; tuttavia, non è presente un dispositivo che possa tenere traccia di queste variazioni.

L'esito è che il gain-settings ha una fluttuazione che rende difficoltosa una comparazione tra le immagini provenienti sia dallo stesso satellite sia da due satelliti differenti.

Per ovviare al problema del confronto inter- e intra- satellite è stata proposta una soluzione che si articola in due fasi (Hsu et al., 2015 ed Elvidge et al., 2009b). La prima fase consiste nel contenere la fluttuazione tra due satelliti; invece, la seconda fase si concentra sul confronto inter-annuale con lo scopo di attenuare gli effetti generati dalla degradazione del sensore.

Per quel che riguarda la mera comparazione intra- ed inter- satellite, Hsu et al., (2015) hanno proposto un metodo che consiste nell':

- i. adattare i dati provenienti dai vari satelliti impostando il gain-setting più alto possibile;

- ii. uniformare, mediante dei moltiplicatori standard, le versioni del sistema OLS presente nei diversi satelliti con il sistema OLS presente sul satellite F16.

Il risultato è la creazione di dati contenenti un effetto fisso sistematico; in tal modo, è possibile ridurre la variabilità.

Invece, per quel che riguarda la comparazione inter-satellite su un orizzonte temporale pluriennale, Elvidge et al., (2009b) hanno definito un modello di regressione i cui coefficienti consentono di effettuare una comparazione inter-annuale. Lo scopo di questa analisi era di analizzare l'evoluzione del gas flaring tra il 1994 e il 2008.

Per tale scopo sono stati definiti due fattori essenziali. In un primo momento è stato individuato un anno di riferimento ed uno specifico satellite (F121999<sup>13</sup>). Successivamente, è stato individuato un territorio di riferimento: la Sicilia<sup>14</sup>. Confrontando i pixel luminosi all'interno del territorio siciliano del 1999 con i pixel luminosi dello stesso sito negli altri anni sono stati definiti i coefficienti della regressione.

## 2.2.5 Inefficienza di rilevazione per luoghi poco illuminati

I satelliti DMSP mostrano dei limiti nella rilevazione di fonti luminose quando l'intensità è molto bassa, per questo motivo non vengono individuati né territori in cui è presente una densità di popolazione trascurabile e né i territori in cui sono prevalenti le attività rurali.

Da un punto di vista demografico, Andersson et al., (2019) presero in considerazione il Burkina Faso, un Paese dell'Africa Occidentale con una popolazione di circa 15 milioni di abitanti. Il motivo per il quale venne preso in considerazione questo Paese è perché l'accessibilità alla corrente elettrica è molto limitata sia in termini di infrastrutture sia in termini economici poiché il costo unitario è tra i più elevati dell'intero continente.

Lo studio ha confermato che, su un orizzonte di 21 anni (1992-2012), il 57% delle comunità non sono state individuate dai satelliti e, solamente il 9% sono state rilevate in tutti gli anni. Naturalmente, nel 9%, sono rientrate le prime 5 città più grandi e importanti del Paese.

Invece, Henderson et al., (2018) mostrano un ulteriore punto di vista relativo all'attività economica. Nei luoghi in cui è prevalente l'attività rurale data la bassa densità di popolazione e data la specifica attività economica è molto difficoltoso rilevare possibili fonti luminose. In primis perché le fonti di luce necessarie non sono così intense per essere facilmente rilevate, in secundis, le attività rurali non hanno un prosieguo notturno.

---

<sup>13</sup> Nel paragrafo successivo viene definito il significato della stringa F121999. È stato selezionato il satellite F12 e l'anno 1999 perché è risultata essere la combinazione nel quale erano presenti i valori digitali più elevati.

<sup>14</sup> L'assunzione iniziale era che i pixel luminosi, nei territori nei quali la numerosità della popolazione era stabile, variano in un modo pressoché trascurabile.

## 2.2.6 Bottom- e top- coding

Il sistema OLS, come detto in precedenza, avendo il vincolo di capacità della memoria quantizza i dati delle luci notturne a 6-bit; pertanto, l'intensità della luce viene misurata da un intervallo che va da 0 a 63.

Dato il range di valori che possono assumere le fonti luminose emergono delle perplessità sia per quel che riguarda le fonti luminose che raggiungono un valore prossimo al valore massimo sia per quel che riguarda le fonti luminose che raggiungono un valore prossimo al valore minimo. Pertanto, in questa sezione sono definiti il fenomeno del top-coding ed il fenomeno del bottom-coding.

Il fenomeno del top-coding si manifesta perché il vincolo superiore è facilmente raggiungibile; infatti, si nota come il centro delle grandi metropoli, le zone periferiche delle grandi metropoli e i siti dove viene avviene l'estrazione e la lavorazione del petrolio raggiungano lo stesso livello. Pertanto, si nota la saturazione di questi pixel non permettendo tuttavia di valorizzare, in termini di intensità luminosa, i siti dove è presente sia una consolidata attività economica sia un'elevata densità di popolazione.

A tal proposito, la soluzione proposta da Bluhm e Krause (2018) si articola essenzialmente nelle seguenti fasi:

- i. quantificare il numero di pixel che superino la soglia superiore prefissata a 55<sup>15</sup>;
- ii. definire un ranking per intensità dei pixel individuati che superino la soglia prefissata;
- iii. applicare la distribuzione di Pareto per correggere i picchi nelle aree dove sono collocati in base a dei vincoli predefiniti<sup>16</sup>;
- iv. georeferenziare i pixel luminosi in modo da collocarli nei punti esatti dove si suppone che possa esserci un'elevata densità di popolazione oppure una notevole attività economica (ad esempio, i centri delle metropoli oppure i cluster industriali).

Potendo classificare le fonti luminose e riuscendo a comprenderne l'informazione derivante dall'intensità delle luci è possibile quantificare in modo più puntuale i luoghi nei quali è presente un'elevata attività economica e un'elevata densità di popolazione.

L'alternativa a tale metodo è l'utilizzo dei dati "radiance-calibrated" proposti dal NOAA nel quale vengono combinati i dati stabilizzati con i dati derivanti dalle osservazioni ottenute contenendo l'effetto dell'amplificazione generato dal PMT. Tuttavia, questa soluzione potrebbe non essere efficiente perché gli anni in cui è presente un'ulteriore osservazione con una riduzione dell'amplificazione sono 8<sup>17</sup> su 22 anni di data collecting, inoltre, il dataset contenente i dati "radiance-calibrated" presenta una serie di inefficienze nei dati ottenuti minimizzando l'amplificazione che sono:

- mancanza di una totale scansione della superficie terrestre;
- unione di dati derivanti da varie bande dello spettro delle frequenze;

---

<sup>15</sup> Il motivo per il quale è fissata proprio a 55 è descritto in Bluhm e Krause (2017).

<sup>16</sup> I vincoli in questione sono:

1. La numerosità della popolazione;
2. La superficie del sito;
3. Il poligono che delimita il sito;
4. La distribuzione della popolazione;
5. L'allocazione del fulcro dell'attività economica.

<sup>17</sup> F121996, F121997, F121999, F122000, F142002, F142004, F162005, F162010, F182010 (Hsu et al., 2015).

- focus crescente sulle aree poco luminose a discapito delle aree più luminose;
- mancanza di una completa “pulizia” dei dati raccolti.

Pertanto, sorge la necessità di effettuare una calibrazione per contenere la variabilità: Elvidge et al., (1999) proposero un metodo che si componeva delle seguenti fasi:

- i. creazione di una griglia di riferimento;
- ii. identificazione e geolocalizzazione di luci, nuvole e aree di copertura;
- iii. definizione di un numero digitale in scala di radianza per il prodotto finale;
- iv. composizione di due immagini senza nuvole entro due intervalli di guadagno sovrapposti (alto e basso);
- v. definizione di una soglia per eliminare rilevamenti isolati<sup>18</sup>;
- vi. combinazione delle immagini calibrate dalle due gamme di guadagno calcolando la media in base al numero di rilevamenti.

All'estremo opposto, il fenomeno del bottom-coding si manifesta nel momento in cui vengono considerati i pixel meno luminosi. In generale, le cause che portano determinati pixel ad acquisire una bassa intensità luminosa sono sostanzialmente o di natura socioeconomica oppure dovute alla scarsa risoluzione delle immagini.

Nel primo caso, nello specifico territorio potrebbe esserci una bassa densità di popolazione, una trascurabile attività economica oppure un'attività in prevalenza rurale.

Nel secondo caso la mancanza è da attribuire al processo di smoothing eseguito dal sistema OLS che aggrega i pixel fini in griglie da 5 x 5. Per via di questo processo si verifica una distorsione dei dati che porta alla realizzazione di immagini satellitari notturne in cui sono presenti delle sfocature. Per ovviare a tale problema gli studiosi hanno stabilito delle soglie minime entro il quale la densità luminosa dei pixel veniva trascurata e catalogata come “rumore”.

In uno studio condotto sulla distribuzione del gas flares negli anni (Elvidge et al., 2009) è stata definita una soglia minima pari a 8 entro la quale i pixel non venivano considerati poiché venivano ritenuti essere soggetti a rumore di fondo. Sempre in tale studio, è stato riscontrato come tale soglia fosse adeguata per il computo.

Un'ulteriore conferma dell'esistenza del fenomeno bottom-coding è data dagli studi di Henderson et al., (2012, 2018). Nel primo studio (Henderson et al., 2012) dimostrano che il numero totale di pixel con numeri digitali di 1 o 2 fosse molto bassa e che tra i Paesi a reddito medio e basso, l'intervallo più comunemente osservato per il numero digitale fosse 3-5. Nel secondo studio (Henderson et al., 2018) dimostrano che solo lo 0,008% dei DN diversi da zero è inferiore a 3.

## 2.3 Archivio digitale del NOAA

L'archivio digitale creato dal NOAA<sup>19</sup> nel 1992 è stato concepito per avere due dataset entrambi composti da una serie di file catalogata in base all'anno in cui è avvenuta l'osservazione e allo specifico

---

<sup>18</sup> L'algoritmo di definizione della soglia è descritto in Elvidge et al. (1997b).

<sup>19</sup> NOAA, National centers for environmental information. Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series. URL( <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>).

satellite che ha effettuato tale scansione. Nei due dataset, viene considerato lo stesso orizzonte temporale (1992-2013) e le scansioni derivanti dagli stessi satelliti e, ciò che li differenzia è lo scopo per il quale vengono utilizzati. Inoltre, nella raccolta dati è frequente una doppia osservazione fatta da due satelliti differenti per uno stesso anno. Il motivo per il quale ciò avviene è che i lanci dei satelliti del blocco 5D sono stati pianificati per avere da un lato continuità nella raccolta dei dati e dall'altro per ottenere delle immagini più qualitative possibili poiché i satelliti sono stati progettati per avere una vita utile che va dai 2 ai 5 anni e quindi i sensori dopo questo periodo di tempo sono soggetti a degradazione.

Nell'Appendice A vengono definiti ulteriori aspetti tecnici relativi alle immagini.

Il primo dataset è denominato "Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages" (Fig. 8) mentre il secondo "Average Lights x Pct" (Fig. 9).

| Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Year\Sat.  | F10                     | F12                     | F14                     | F15                     | F16                     | F18                     |
| 1992   | <a href="#">F101992</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1993   | <a href="#">F101993</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1994   | <a href="#">F101994</a> | <a href="#">F121994</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1995   | -----                   | <a href="#">F121995</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1996   | -----                   | <a href="#">F121996</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1997   | -----                   | <a href="#">F121997</a> | <a href="#">F141997</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1998   | -----                   | <a href="#">F121998</a> | <a href="#">F141998</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1999   | -----                   | <a href="#">F121999</a> | <a href="#">F141999</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 2000   | -----                   | -----                   | <a href="#">F142000</a> | <a href="#">F152000</a> | -----                   | -----                   |
| 2001   | -----                   | -----                   | <a href="#">F142001</a> | <a href="#">F152001</a> | -----                   | -----                   |
| 2002   | -----                   | -----                   | <a href="#">F142002</a> | <a href="#">F152002</a> | -----                   | -----                   |
| 2003   | -----                   | -----                   | <a href="#">F142003</a> | <a href="#">F152003</a> | -----                   | -----                   |
| 2004   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152004</a> | <a href="#">F162004</a> | -----                   |
| 2005   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152005</a> | <a href="#">F162005</a> | -----                   |
| 2006   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152006</a> | <a href="#">F162006</a> | -----                   |
| 2007   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152007</a> | <a href="#">F162007</a> | -----                   |
| 2008   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F162008</a> | -----                   |
| 2009   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F162009</a> | -----                   |
| 2010   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182010</a> |
| 2011   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182011</a> |
| 2012   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182012</a> |
| 2013   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182013</a> |

Figura 8: Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages.

| Average Lights x Pct |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Year\Sat.            | F10                     | F12                     | F14                     | F15                     | F16                     | F18                     |
| 1992                 | <a href="#">F101992</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1993                 | <a href="#">F101993</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1994                 | <a href="#">F101994</a> | <a href="#">F121994</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1995                 | -----                   | <a href="#">F121995</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1996                 | -----                   | <a href="#">F121996</a> | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1997                 | -----                   | <a href="#">F121997</a> | <a href="#">F141997</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1998                 | -----                   | <a href="#">F121998</a> | <a href="#">F141998</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 1999                 | -----                   | <a href="#">F121999</a> | <a href="#">F141999</a> | -----                   | -----                   | -----                   |
| 2000                 | -----                   | -----                   | <a href="#">F142000</a> | <a href="#">F152000</a> | -----                   | -----                   |
| 2001                 | -----                   | -----                   | <a href="#">F142001</a> | <a href="#">F152001</a> | -----                   | -----                   |
| 2002                 | -----                   | -----                   | <a href="#">F142002</a> | <a href="#">F152002</a> | -----                   | -----                   |
| 2003                 | -----                   | -----                   | <a href="#">F142003</a> | <a href="#">F152003</a> | -----                   | -----                   |
| 2004                 | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152004</a> | <a href="#">F162004</a> | -----                   |
| 2005                 | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152005</a> | <a href="#">F162005</a> | -----                   |
| 2006                 | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152006</a> | <a href="#">F162006</a> | -----                   |
| 2007                 | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F152007</a> | <a href="#">F162007</a> | -----                   |
| 2008                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F162008</a> | -----                   |
| 2009                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F162009</a> | -----                   |
| 2010                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182010</a> |
| 2011                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182011</a> |
| 2012                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182012</a> |
| 2013                 | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | -----                   | <a href="#">F182013</a> |

Figura 9: Average Lights x Pct

La differenza tra queste due raccolte di dati è che l'Average Lights x Pct contiene delle immagini i cui Numeri Digitali (DN) vengono "aggiustati" tenendo conto della frequenza del numero di giorni nel quale è avvenuto il rilevamento della luce nello specifico anno; tale correzione è stata fatta moltiplicando in DN di ogni pixel dell'immagine con la frequenza di rilevamento delle informazioni per ogni specifico pixel. In seguito, come è stato descritto nelle sezioni precedenti, le immagini vengono successivamente sottoposte ad un controllo qualità e, tra le immagini "promosse" vengono selezionate le porzioni di immagine che andranno considerate nella formulazione del composito annuale.

Un'ulteriore differenza tra questi due dataset sta nell'utilizzo nel senso che le immagini della matrice "Average Lights x Pct" vengono utilizzate nel momento in cui si vogliono desumere i volumi di combustione del gas dalle luci notturne; infatti, tenendo conto della frequenza di rilevazione è possibile determinare le zone in cui si sono manifestati eventi casuali come gli incendi boschivi per comprenderne l'entità, l'impatto e la durata. Invece, i file contenuti nella matrice "Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages" contengono le immagini satellitari notturne maggiormente adatte alle analisi economiche e demografiche.

Nel seguente studio verranno utilizzati i file relativi al dataset "Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages". Le tre tipologie di immagini presenti nei file sono:

- i. F1? YYYY\_v4b\_cf\_cvg.tif: è una tipologia di immagine che tiene in considerazione le coperture senza nuvole (cloud free, cf) che corrispondono al numero totale di osservazioni prese in considerazione per ciascuna cella della griglia di 30 archi al secondo. Questa immagine può essere utilizzata per identificare le aree con un basso numero di osservazioni in cui la qualità è ridotta. In alcuni anni ci sono aree con zero osservazioni senza nuvole in alcune località;
- ii. F1? YYYY\_v4c\_avg\_vis.tif: è una tipologia di immagine detta Raw Avg\_Vis. Questa immagine è composta dalla media dei numeri digitali (DN) della banda visibile senza ulteriori filtri. I numeri digitali sono espressi con valori dei dati vanno da 0 a 63. Tuttavia, le aree con zero osservazioni senza nuvole sono rappresentate dal valore 255;
- iii. F1? YYYY\_v4c\_stable\_lights.avg\_vis.tif: è una tipologia di immagine detta Avg\_Vis. Questa immagine contiene le luci di città, Paesi e altri siti con illuminazione persistente, inclusi il gas flaring. Invece, gli eventi effimeri come gli incendi sono stati eliminati. Nelle aree dove è presente il "rumore di fondo" il DN assume il valore zero. In generale i valori assunti dai DN nelle aree rimanenti vanno da 0 a 63, eccetto per le aree con zero osservazioni senza nuvole in cui il DN assume il valore 255.

Nell'analisi viene considerata la tipologia di immagine "F1? YYYY\_v4c\_stable\_lights.avg\_vis.tif" per via delle caratteristiche che la contraddistinguono (Fig. 10 e 11). Il gas flaring, derivante dallo smaltimento dei gas associato agli impianti di produzione e lavorazione del petrolio, costituisce una fonte molto luminosa che genera il fenomeno del top-coding nelle aree dove avviene la lavorazione del petrolio e nelle aree ad esse limitrofe. L'informazione relativa alle dimensioni della nube di gas e al posizionamento delle stesse rispetto alla superficie terrestre è contenuta in un ulteriore archivio digitale<sup>20</sup> creato da NOAA all'interno del quale sono presenti delle immagini satellitari con i poligoni che definiscono le aree, specifiche di ogni Paese, in cui i pixel sono "drogati" dalle luci dei gas flaring (Fig. 12).

---

<sup>20</sup> NOAA, National centers for environmental information. Global Gas Flaring Shapefiles. URL([https://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas\\_flares\\_countries\\_shapefiles.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas_flares_countries_shapefiles.html)).



Figura 10: Immagine delle luci notturne provenienti dal satellite risalenti all'anno 2002. Quest'immagine è stata ricavata mettendo in relazione le osservazioni ricavate dai due satelliti F14 e F15 in azione in quell'anno.

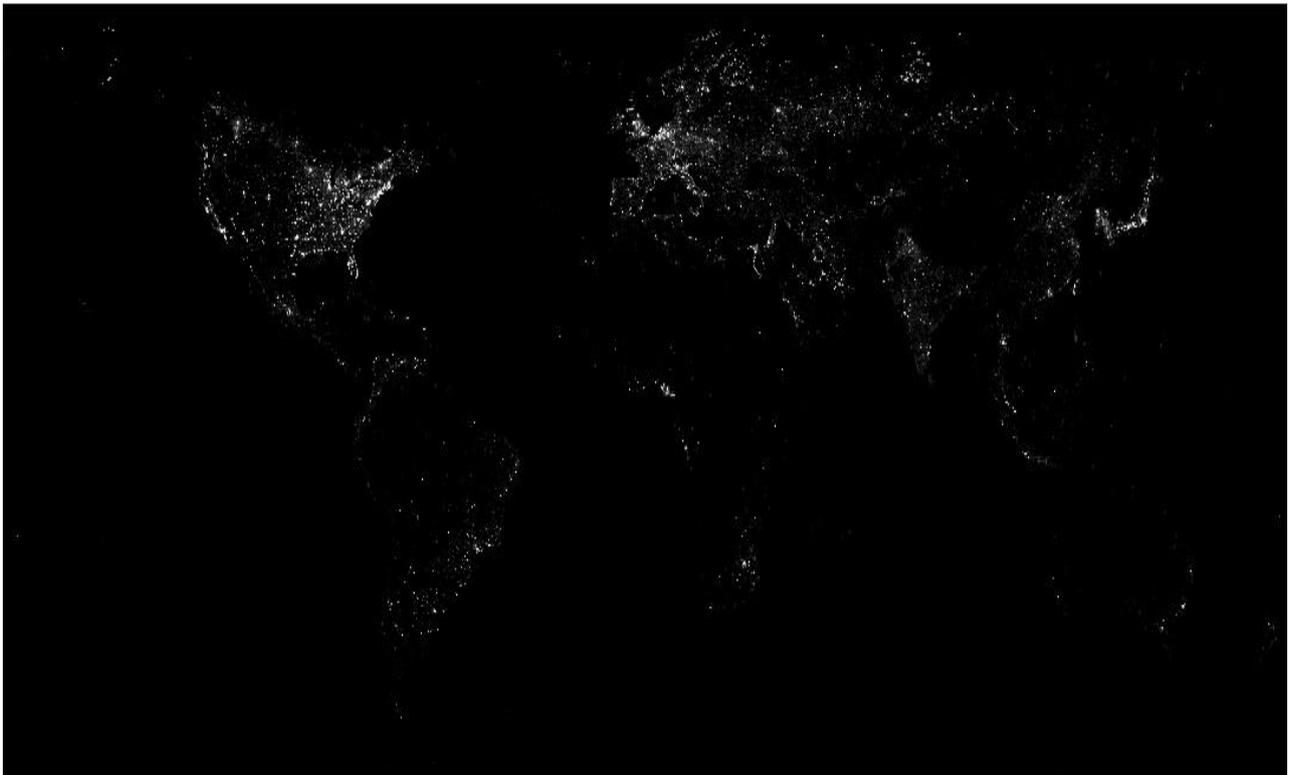


Figura 11: Immagine delle luci notturne provenienti dal satellite F12 Risalenti all'anno 1996.



Figura 12: In rosso i poligoni di gas flaring presenti in Brasile. Immagine proveniente dal satellite F16 nel 2005.

### 3 Nightlights e ricerca economica: una rassegna

A partire dall'anno in cui il NOAA ha creato l'archivio digitale (1992) si sono susseguiti numerosi studi di differenti discipline che valutavano sia la possibilità di utilizzare le luci notturne a supporto delle specifiche analisi sia l'eventuale beneficio apportato da questa fonte di dati.

Ad una prima analisi, senza considerare lo scopo per il quale possono o potrebbero essere utilizzati, sono molteplici i vantaggi derivanti dal dataset fornito dal NOAA.

Il primo vantaggio consiste nella possibilità di attingere gratuitamente ai dati presenti nell'archivio digitale.

Il secondo vantaggio consiste nella possibilità di attingere a dati oggettivi che non vengono contaminati dagli enti governativi e nella possibilità di poter usufruire di dati anche per quelle località povere (ad esempio i Paesi africani) nei quali la fonte dati principale per quello specifico ambito di ricerca è assente oppure è molto grossolana.

Il terzo vantaggio consiste nella possibilità di aggregare i dati su scale differenti; ad esempio, è possibile fare un'analisi locale oppure aggregando tali dati è possibile fare un'analisi su scala regionale, nazionale o globale.

Nel seguente capitolo verranno trattati una serie di documenti di ricerca che hanno valutato la potenzialità dei dati satellitari come strumento di supporto all'analisi socioeconomica nei vari Paesi di tutto il mondo. Questi studi hanno tentato di far avanzare la ricerca in due macro-direzioni:

- stima di un livello coerente e oggettivo di attività economiche, come PIL reale e PIL nominale;
- disaggregazione di queste misure ad un livello locale per superare l'assenza o la carenza dei dati disponibili.

#### 3.1 I dati satellitari come proxy delle attività economiche

Nel seguente paragrafo vengono considerati alcuni dei documenti che analizzano le attività economiche di uno o più Paesi a livello aggregato.

Il primo documento economico che ha studiato la possibilità di una possibile correlazione tra economia e immagini satellitari notturne è stato pubblicato da Sutton e Costanza (2002). L'obiettivo di quest'analisi era di valutare quanto i dati DMSP fossero una buona approssimazione della qualità della vita su scala nazionale.

Il livello di qualità della vita dei singoli Paesi viene misurato considerando sia gli aspetti economici legati al reddito (attività economica), sia gli aspetti legati al welfare collettivo (attività non economica). Il welfare viene quantificato considerando le risorse naturali presenti, i tipi di ecosistemi presenti e i servizi messi a disposizione dal Paese per i cittadini, utilizzando anche dataset relativi alla morfologia del territorio. Le misure di attività economica e non vengono poi correlate in relazione diretta con l'intensità luminosa dei pixel compresi all'interno dei confini amministrativi di un Paese.

Considerando tutti i Paesi del mondo è emerso che le variabili legate all'attività economica sono negativamente correlate con le variabili legate all'attività non economica; per cui, in linea generale nei Paesi in cui le condizioni morfologiche e climatiche sono maggiormente apprezzate (ad esempio delle località marittime con un clima mite) nella gran parte dei casi si ha una bassa attività economica (ad esempio si ha una prevalenza di attività rurali e turistiche rispetto alle attività manifatturiere) e allo stesso tempo, nei Paesi in cui le condizioni climatiche e morfologiche sono meno apprezzate (ad esempio delle località molto piovose) nella gran parte dei casi si ha un'elevata attività economica.

Infatti, nelle zone tropicali (come il Costa Rica e il Brasile) il coefficiente dell'attività economica assume valori bassi e il coefficiente dell'attività non economica assume valori alti, all'estremo opposto, nei territori nordici (come la Danimarca e il Belgio) accade il viceversa. Inoltre, è emersa l'esistenza di almeno un punto di contatto tra i dati satellitari e i dati socioeconomici.

I successivi due studi che verranno trattati sono di assoluta rilevanza perché hanno portato alla nascita di due fazioni: da un lato gli studiosi che sostengono che le luci notturne siano uno strumento di supporto importantissimo proponendo, in via estrema, che questi dati sarebbero la migliore fonte per un'analisi socioeconomica dei Paesi, dall'altro gli studiosi sostengono che le luci notturne siano un utile strumento di supporto soprattutto nei Paesi in cui le fonti statistiche sono poco attendibili, ma che, a causa delle inefficienze di questa fonte di dati, restano più cauti in merito al loro utilizzo come fonte primaria da cui attingere dati. I due documenti "padre" di queste fazioni sono stati composti da Chen e Nordhaus (2011) e da Henderson et al., (2012).

Chen e Nordhaus (2011) hanno valutato la possibilità di utilizzare le luci notturne come proxy per un'analisi socioeconomica a livello macro (regionale o nazionale). Il motivo sostanziale è l'assenza e/o la bassa qualità dei dati di contabilità nazionale provenienti da determinati Paesi. Utilizzando l'approccio PWT<sup>21</sup> per classificare la qualità dei dati provenienti dai vari Paesi, è stata aggiunta un'ulteriore classe (E) per classificare i Paesi per cui non sono presenti dati.

È emerso che i dati satellitari possono potenzialmente essere un valore aggiunto per la determinazione della contabilità nazionale per i Paesi di classe D o E. Tuttavia, è emerso anche che per i Paesi sviluppati in cui sono presenti dati con asimmetria informativa medio-bassa, il valore aggiunto apportato dalle fonti luminose è molto ridotto. La causa è stata attribuita alle inefficienze derivanti dalla qualità dei dati soprattutto nei siti dove è presente un DN elevato. In aggiunta, l'inefficienza dei dati satellitari, dovuta alla scarsa capacità di rilevare fonti poco luminose, non consentirebbe una stima affidabile per le regioni in cui è presente sia una bassa densità di popolazione sia una prevalenza di attività rurali.

L'analisi proposta da Addison et al., (2015) va a sostegno delle conclusioni tratte da Chen e Nordhaus (2011). Infatti, Addison et al., (2015), usando i dati DMSP-OLS hanno analizzato se esiste una correlazione robusta tra le luci notturne ed una serie di variabili socioeconomiche su due orizzonti temporali: 1 anno e 10 anni.

Il campione di riferimento è composto dai dati sulle luci notturne riepilogati a livello nazionale per 69 paesi tra il 1992 e il 2011.

---

<sup>21</sup> Il Penn World Tables (PWT), una raccolta di dati di contabilità nazionale. I Paesi vengono catalogati in base alla qualità dei dati che forniscono; A indica un margine di errore del 10%, B il 20%, C il 30% e D indica il 40%.

La prima parte del documento si è focalizzata sulla definizione di quali e quante variabili ricavare dai dati DMSP-OLS. Sono state definite tre variabili: la superficie che conteneva l'insieme dei pixel luminosi di un determinato sito (AoL), la somma delle intensità dei pixel luminosi di un determinato sito (SoL) e la radianza media dei pixel (R). Inoltre, la variabile SoL è ottenuta moltiplicando le due variabili AoL e R.

Le variabili considerate nell'analisi sono: il PIL, il PIL non agricolo, il valore aggiunto della produzione nel Paese e il consumo di elettricità. In aggiunta a tali variabili sono state considerate due variabili demografiche indipendenti che sono la popolazione e la popolazione urbana.

Comparando le diverse variabili tra loro è emerso che:

- i. esiste una correlazione negativa e debole tra le variabili demografiche e le variabili delle luci notturne; per cui, si dimostra che non è necessariamente vero che ad un aumento di densità delle fonti luminose corrisponda un aumento della densità della popolazione. Da ciò si evince che il potere esplicativo delle luci notturne in relazione alle variabili economiche decresce in maniera considerevole nel momento in cui si analizzano territori con basse luminosità;
- ii. la correlazione tra le variabili economiche e le variabili delle luci notturne è positiva; tuttavia, su un orizzonte temporale lungo la correlazione è trascurabile;
- iii. la correlazione tra il consumo dell'elettricità e le variabili delle luci notturne è positiva e robusta su un orizzonte temporale di lungo periodo.

Per quel che riguarda l'orizzonte temporale, gran parte dell'esito positivo proveniva da un'analisi di lungo periodo.

All'estremo opposto rispetto è collocato il pensiero di Henderson et al., (2012).

Nella loro analisi Henderson et al., (2012) valutano la possibilità di utilizzare i dati satellitari sulle luci notturne come proxy per l'attività economica su scala temporale e geografica. La necessità di individuare uno strumento di supporto per le analisi socioeconomiche è sorta poiché tali indici vengono misurati in modo errato o in modo grossolano e, in alcuni casi tali indici vengono "truccati". Questi casi si manifestano soprattutto nei paesi in via di sviluppo per ragioni politiche e/o per inefficienza dell'istituto statistico di competenza.

Pertanto, è stato sviluppato un modello statistico per associare la variazione d'intensità dei dati satellitari con i dati relativi al reddito nei Paesi per i quali è stato assegnato un punteggio D dal PWT. Tale studio è stato anche applicato nei Paesi africani in cui a quel tempo non erano disponibili dati economici. Applicando tale modello è emerso come le attività rurali siano correlate positivamente con la crescita economica nei Paesi analizzati.

L'esito di tale studio è che l'utilizzo dei dati satellitari come proxy per misurare il reddito di un Paese costituisce un valore aggiunto non trascurabile soprattutto nei Paesi in cui è presente un'elevata asimmetria informativa.

Un ulteriore articolo a conferma di tale supposizione è stato pubblicato qualche anno dopo. Infatti, Henderson et al., (2018) mediante l'utilizzo delle luci notturne studiano il ruolo che hanno avuto i fattori naturali nell'evoluzione dell'attività economica su scala mondiale. È importante sottolineare che questa analisi segue lo studio sulla fattibilità delle luci notturne eseguito dagli stessi autori qualche

anno prima (Henderson et al., 2012) pertanto, da per assodato che i dati sulle luci notturne sono una fonte rilevante per l'analisi dell'attività economica nei Paesi. Inoltre, per verificare l'evoluzione dell'attività economica nei Paesi è stato assunto che gli insediamenti siano rimasti costanti lungo tutto il periodo di osservazione in cui sono stati disponibili i dati relativi alle fonti luminose.

In tale studio, i Paesi sono stati divisi in due macro-gruppi: Paesi sviluppati e Paesi in via di sviluppo. I fattori naturali sono stati divisi in due gruppi: l'adeguatezza di una regione per la coltivazione di cibo e la idoneità di una regione per il commercio nazionale e internazionale. Secondo questo studio, i driver che hanno portato all'evoluzione dell'attività economica all'interno dei vari Paesi sono: il tempo in cui è nata l'attività economica, l'evoluzione tecnologica e la persistenza.

Per quel che riguarda il fattore tempo è emerso che, nei Paesi sviluppati il processo di sviluppo è stato vincolato dal costo di trasporto elevato. Pertanto, i siti dove nascevano e si sviluppavano le prime attività economiche erano adiacenti ai siti predisposti alla coltivazione del cibo e, solo dopo l'abbattimento dei costi di trasporto, l'evoluzione ha preso piede nelle restanti zone del Paese. Tuttavia, in questi Paesi il pattern con cui si è propagata l'economia è stato influenzato dal modo con cui si sono sviluppate le prime attività economiche. Invece, nei Paesi in via di sviluppo l'evoluzione economica non è stata influenzata dai costi di trasporto ma, è stata influenzata dalla capacità di sviluppare attività economiche in siti che agevolano gli scambi commerciali<sup>22</sup>.

Il fattore evoluzione tecnologica è stato un driver di assoluta rilevanza. In prima istanza con il progresso tecnologico è stato possibile espandere la coltivazione e la produzione del cibo anche nei luoghi meno idonei e, in seconda istanza ha permesso l'abbattimento dei costi di trasporto. Pertanto, con il progresso tecnologico si è manifestato una riduzione dell'influenza dei fattori naturali legati alla coltivazione ed un aumento dell'influenza dei medesimi legati al commercio. Tuttavia, se nei Paesi sviluppati ad oggi la coltivazione ha un ruolo secondario invece, nei Paesi in via di sviluppo ha ancora un ruolo primario.

Il fattore persistenza è da intendersi come la capacità di un Paese di consolidare la propria attività economica e di espanderla in tutto il Paese; per verificare tale fattore è stato studiato il pattern seguito nello sviluppo e quanto nei primi siti economici sia stata rilevante la tecnologia esistente.

Mediante tale studio sono stati utilizzati delle fonti luminose da tre punti di vista differenti. Infatti, mediante il fattore tempo è stata presa in considerazione la posizione geografica delle fonti luminose e, in base ai dati storici sull'evoluzione dei Paesi sono state tratte le conclusioni relative al differente processo di sviluppo nei Paesi sviluppati e nei Paesi in via di sviluppo. Invece, mediante il fattore evoluzione tecnologica, lo studio si è focalizzato sull'intensità delle fonti luminose presenti nei Paesi analizzati. Infine, con il fattore persistenza, il focus è stato posto sull'evoluzione dell'intensità luminosa nei Paesi mediante un confronto inter-annuale per ogni specifico Paese analizzato.

In questo studio è emerso che le variabili legate all'agricoltura spiegano maggiormente le cause che hanno portato alla nascita in specifici siti dell'attività economica nei vari Paesi; tuttavia, tali variabili hanno un effetto marginale maggiore nei Paesi sviluppati.

Lo stesso punto di vista interpretato in chiave differente è stato assunto da Smith et al., (2018) che tentano di individuare una correlazione tra il mercato del petrolio e le condizioni economiche in cui

---

<sup>22</sup> L'assunzione è che le aree che agevolano gli scambi sono le sponde di un fiume, i porti naturali ecc.

versano le famiglie povere nei Paesi. L'obiettivo è utilizzare l'oscurità rilevata dalle luci satellitari come proxy per determinare l'ammontare in percentuale di popolazione mondiale povera.

È il primo studio che utilizza i pixel scuri come misura della povertà ed è inoltre, il primo studio che analizza come il ciclo economico a cui è stato soggetto il mercato del petrolio abbia influenzato la distribuzione di ricchezza all'interno di un Paese.

A sostegno di tale studio sono stati utilizzati il dataset DMSP-OLS e il dataset Landsat<sup>23</sup>. Tuttavia, poiché le famiglie povere vivono sia in ambienti rurali che in luoghi urbani, utilizzare l'oscurità come proxy della povertà implica un focus sulla povertà presente nelle aree rurali.

L'orizzonte temporale considerato è il decennio 2003-2013 nel quale è avvenuta una crescita della domanda del petrolio con conseguente aumento dei prezzi e arricchimento dei Paesi fornitori di petrolio; inoltre, questo periodo di crescita dei prezzi si aggiunge anche una serie di scoperte di nuovi siti dove estrarre il petrolio e il gas.

Dai dati è emerso che durante tale decennio si è manifestato un aumento del 40% dell'intensità luminosa nei dati DMSP-OLS.

Tuttavia, nei Paesi che hanno maggiormente beneficiato dell'andamento dei prezzi del greggio si sono manifestate i seguenti fenomeni:

- L'aumento dell'attività economica aggregata. Tuttavia, tale crescita si è concentrata solo nei siti dove già era presente un'attività economica. Tale conclusione è emersa poiché è aumentata l'intensità di luce nelle aree già luminose ma è rimasta per lo più invariata l'intensità di luce nelle aree meno luminose;
- La migrazione delle famiglie residenti nelle località rurali non è tale da essere presa in considerazione come causa per la quale le località rurali non si sono evolute;
- La probabilità di vedere una crescita dell'intensità luminosa nelle aree più scure è maggiore se viene soddisfatto almeno uno dei seguenti criteri: presenza di un'elevata densità di popolazione, prossimità ad una cella luminosa, prossimità alla capitale dello specifico Paese.

Emerge pertanto l'incapacità dei governi di attuare manovre economiche che conducono allo sviluppo delle zone meno sviluppate.

Nei due successivi documenti, oltre al sostegno mostrato nei confronti dell'ipotesi di Henderson et al., (2012), vengono evidenziate delle metodologie applicate poiché confermano le potenzialità dei dati relativi alle luci notturne.

Sutton et al., (2007) espongono due metodi per la computazione del PIL utilizzando le immagini satellitari.

Il primo metodo consiste in una relazione diretta tra il PIL e la somma dei valori dei pixel luminosi delle immagini satellitari. Tuttavia, tale metodo soffre del problema della saturazione delle luci (top-coding) espresso nelle sezioni precedenti.

---

<sup>23</sup> LandScan è un dataset che tiene conto della distribuzione della popolazione nei vari Paesi in base alle attività economiche presenti nei vari siti e in base alla morfologia del territorio.

Il secondo metodo consiste in una associazione indiretta tra i dati satellitari e il PIL. Ossia, vengono utilizzate le luci notturne per misurare l'estensione superficiale delle aree illuminate nelle immagini satellitari; successivamente, mediante una relazione diretta tra l'estensione dell'area urbana definita dalle luci notturne e la popolazione si ottiene un'approssimazione della popolazione urbana. Sommando tutte le popolazioni urbane di riesce ad ottenere una stima della popolazione urbana totale. A questo punto, tale misura viene utilizzata come proxy per il calcolo del PIL.

Utilizzando tali metodi per calcolare il PIL in Nazioni come India, Cina, Turchia e Stati Uniti è emerso che il secondo metodo appare più performante poiché riesce a contenere il problema della saturazione delle immagini DMSP-OLS.

Invece, Zhao et al., (2018) analizzano l'evoluzione spazio-temporale dell'urbanizzazione nel sud-est asiatico tra il 1992 e il 2013 utilizzando come proxy l'intensità della luce notturna.

Nello studio emerge come i dati direttamente forniti non possono essere usati per fare un'analisi inter-annuale sia per l'assenza di dati relativi all'amplificazione del PMT sia per via degli effetti di saturazione.

Per ovviare a tali inefficienze i dati hanno subito un processo di calibrazione che si articola in tre fasi:

- i. La prima fase consiste nella calibrazione dei dati sia intra-annuale tra satelliti, oltre che dei singoli satelliti, sia inter-annuale. Inoltre, i dati sono stati corretti al fine di contenere il fenomeno della saturazione;
- ii. La seconda fase consiste nella computazione del gradiente di luminosità nell'area di riferimento definito attraverso una relazione quadratica con l'intensità dei pixel luminosi. Dalla seguente relazione le regioni del sud-est asiatico sono state suddivise in quattro diverse categorie: bassa, media, medio alta ed estremamente alta;
- iii. La terza fase consiste nell'analizzare l'evoluzione spazio-temporale dell'urbanizzazione.

Dall'analisi è emerso che i dati sulle luci notturne DMSP-OLS, se trattate adeguatamente, sono uno strumento molto utile per l'analisi sull'evoluzione spazio-temporale dell'urbanizzazione all'intero di un Paese.

## **3.2 I dati satellitari come proxy delle attività economiche a livello locale**

Nel seguente paragrafo vengono trattati i documenti scientifici che analizzano la possibilità di utilizzare i dati sulle luci notturne per comprendere l'evoluzione dell'attività economica a livello locale. L'utilità dei dati satellitari nasce in questo caso dal fatto che i dati messi a disposizione dalle fonti ufficiali sono spesso censiti su scala nazionale o, al più regionale, ed a scadenze lunghe. I dati di interesse, pertanto, risultano quindi non in alternativa ad altre metriche, ma le uniche attendibili per effettuare delle stime puntuali ad alta frequenza e a scala locale.

Il primo studio con questa finalità è stato eseguito da Michalopoulos et al., (2013); usando i dati DMSP-OLS essi hanno valutato l'influenza delle istituzioni nazionali sullo sviluppo regionale africano in un nuovo quadro che tenesse conto della geografia locale e dei tratti genetici-culturali. Per fare ciò hanno preso spunto dal fatto che i confini amministrativi fossero sorti per mano dei coloni solo dopo la

collocazione delle diverse culture all'interno del territorio africano. Pertanto, analoghe culture erano soggette a differenti istituzioni.

Dal modello di regressione è emerso che esiste una correlazione forte tra il reddito dei cittadini e l'impatto delle istituzioni nazionali all'interno degli specifici territori; tuttavia, se si considera anche la variabile associata all'etnia tale correlazione diventa trascurabile. Dunque, non si ha una correlazione forte tra l'eterogeneità delle istituzioni nazionali e il reddito generato dalle specifiche etnie suddivise dai confini amministrativi. Tuttavia, anche se a livello macro non esiste una correlazione forte tra le istituzioni nazionali e l'eterogeneità delle etnie all'interno di un Paese, a livello micro è emerso che per un terzo delle etnie presenti in Africa la ricchezza è influenzata in maniera non trascurabile dal ruolo delle istituzioni; per cui, è evidente che i risultati generati a livello macro possono fuorviare rispetto ai risultati generati a livello micro.

Ulteriori conclusioni sono emerse attraverso tale modello. La fonte dei dati sulle luci notturne sembra essere un valido strumento di supporto per quanto concerne lo studio inerente allo sviluppo economico di un Paese, infatti utilizzando questa fonte di dati è emerso che i Paesi africani più forti economicamente sono guidati da istituzioni che riescono ad avere un forte impatto anche oltre i confini della capitale. Tuttavia, sia nei Paesi più sviluppati sia nei Paesi meno sviluppati l'impatto delle istituzioni decresce, in maniera differente, all'aumentare della distanza tra il punto considerato e la capitale; per questo motivo, le varie etnie suddivise dai confini amministrativi di Paesi differenti, sono influenzate in maniera eterogenea dalle istituzioni.

Un ulteriore studio a supporto della possibilità di utilizzare le luci notturne come proxy per l'analisi socioeconomica a livello locale è stato eseguito da Chen e Nordhaus (2015) che esaminano la possibilità di utilizzare i dati delle luci notturne come proxy per i dati socioeconomici nelle aree dove l'eventuale presenza di informazioni è affetta da errore. Tale esigenza nasce anche dal fatto che i dati forniti dai Paesi in cui è presente asimmetria informativa non contengono informazione sulle realtà locali. Tale studio è stato applicato sui Paesi nell'Africa sub-sahariana in cui è presente bassa attività economica e bassa densità di popolazione oltre che assenza di fonti attendibili che descrivono le realtà locali.

Nel seguente studio vengono comparate due diverse fonti di luci notturne: Suomi NPP-VIIRS e DMSP-OLS.

Da tale studio consegue che i dati Suomi NPP-VIIRS sono più affidabili rispetto ai dati DMSP e che potenzialmente i dati provenienti dalle immagini satellitari notturne possono andare a supporto delle analisi socioeconomiche anche sulle realtà locali nel caso in cui la fonte dati è inefficiente.

Invece, nella seguente analisi (Gibson et al., 2017) viene analizzata la causa che ha portato ad una riduzione della povertà nelle zone rurali dell'India tra gli anni Novanta e il primo decennio del secondo millennio.

Lo studio espone l'esistenza di due correnti di pensiero. Da un lato si sostiene che la crescita economica delle grandi città abbia permesso alle località povere di svilupparsi per via sia di aumento della forza lavoro domandata e offerta sia di aumento della domanda per le materie prime. Dall'altro invece, si suppone che lo sviluppo delle città secondarie sia il driver più importante perché porta alla connessione le diverse realtà rurali.

Usando le luci notturne, rilevate dal satellite, l'analisi mette a confronto la crescita dell'intensità delle luci notturne entro i limiti urbani delle grandi città con la crescita dell'estensione delle luci notturne. Il territorio indiano è stato suddiviso in 59 regioni e mediante delle soglie prefissate relative all'intensità luminosa è stata fatta una distinzione tra grandi città, città secondarie e aree rurali.

È emerso che sia l'espansione geografica delle città sia la crescita economica delle grandi città ha portato ad una riduzione della povertà nelle aree rurali. Tuttavia, comparando i due effetti si nota come l'espansione geografica ha un effetto molto più rilevante e robusto rispetto alla crescita delle grandi città in India.

I successivi testi socioeconomici evidenziano l'importanza di utilizzare oltre al set di dati inerenti alle luci notturne anche un set di dati di natura morfologica o di natura demografica; infatti, come definito nella sezione precedente, le immagini satellitari notturne tendono a sottostimare le dimensioni delle sorgenti luminose e non permettono di individuare punti nei quali è presente un'attività economica in prevalenza rurale oppure una densità bassa di popolazione.

Infatti, Keola et al., (2015) mediante il loro studio criticano i precedenti studi poiché mostravano eccessiva dipendenza dai dati satellitari delle luci notturne, alla luce del l'incapacità dei satelliti di rilevare località in cui è presente un basso livello di luminosità.

Poiché le attività rurali emettono tendenzialmente poca luminosità e poiché nei Paesi in via di sviluppo le attività rurali sono prevalenti allora l'utilizzo dei dati satellitari potrebbe portare a stime erranee.

Per stimare le attività rurali in tale studio è stato introdotto un nuovo dataset che attinge dai dati provenienti dalle osservazioni della copertura del suolo MODIS<sup>24</sup>. Dai risultati è emerso che si ottiene una stima più efficiente delle attività rurali utilizzando i dati di copertura del suolo poiché si ha una diretta osservazione delle variazioni delle caratteristiche del suolo piuttosto che delle luci notturne.

Un ulteriore studio (Ghosh et al., 2010) ha utilizzato a supporto un'altra fonte di dati, oltre alla fonte di dati delle sorgenti luminose, per poter valutare l'evoluzione di un Paese sia in termini di condizioni socioeconomiche sia l'impatto che tali condizioni hanno sull'ambiente fisico. Il problema sorto è che le mappe che tracciano la ricchezza sono generalmente definite su scala nazionale; inoltre, è anche emerso che il solo utilizzo delle luci notturne, data l'inefficienza nel rilevare luoghi poco luminosi, porta a scovare i centri dove avviene la commercializzazione dei prodotti rurali ma non porta ad individuare le aree dove tali prodotti vengono coltivati e lavorati.

L'obiettivo dello studio di Ghosh et al., (2010) è di definire una mappa che possa disaggregare i dati al punto da poter monitorare l'evoluzione socioeconomica di un Paese a livello micro (es. di regione, di città, ecc.). A sostegno di tale analisi sono stati utilizzati i dati sulle luci notturne relative all'anno 2006. Per fare ciò è stata testata tale mappa nelle regioni e nei distretti interni di una serie di Paesi tra cui Cina, India, Messico e Stati Uniti.

È stata considerata una relazione lineare tra i pixel luminosi e l'indice economico di riferimento del Paese corretto con un coefficiente che teneva in considerazione la specifica attività del sito analizzato. Per rendere la mappa adatta anche alla computazione dell'attività economica nei siti rurali è stata utilizzata la griglia della distribuzione della popolazione LandScan.

---

<sup>24</sup> Il Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satellite Terra e Aqua della NASA produce immagini con copertura globale e alta risoluzione spaziale e temporale del suolo.

Henderson et al., (2003) valutano la possibilità di definire l'evoluzione dei confini delle città nel tempo con l'ausilio delle luci notturne. L'obiettivo dello studio è di individuare delle soglie minime per i valori DN attribuiti ai pixel luminosi che consentano di ridurre la sovrastima generata dai dati DMSP. Per poter validare tali soglie è stato utilizzato il dataset Landsat<sup>25</sup>.

Le cause individuate che provocano la sovrastima sono: la riflettanza della luce dall'acqua (fiumi, bacini, ecc.), le aree terrestri non urbane, le proprietà fisiche del sensore, gli errori di georeferenziazione nella fase di acquisizione dei dati durante la scansione dei satelliti.

Le città analizzate sono Pechino, San Francisco e Lhasa che si differenziano per densità di popolazione, per l'intensità dell'attività economica e per la posizione geografica intesa come prossimità delle sorgenti d'acqua, clima e altitudine.

I risultati di tale studio mostrano che non può essere stabilita una soglia univoca ma, l'entità della soglia è positivamente correlata al livello di sviluppo economico raggiunto dalle città; infatti, si nota come le periferie delle città con un'intensa attività economica mostrano livelli di luminosità più elevati rispetto ai centri delle città con un'attività economica più modesta. Inoltre, mediante l'utilizzo di tali soglie è stata dimostrata la possibilità di distinguere le luci delle aree urbane dagli insediamenti rurali limitrofi poiché viene notevolmente ridotto l'impatto della sovrastima derivante dai dati DMSP.

Uno studio analogo è stato definito da Small et al., (2005) che tentano di capire se attraverso le luci notturne è possibile individuare i confini urbani e con che precisione è possibile individuarli.

Nell'utilizzo dei dati DMSP-OLS sono stati considerati sia la frequenza di rilevamento sia delle distribuzioni delle forme che utilizzano i rapporti area/perimetro.

Successivamente, i dati DMSP-OLS sono stati confrontati con i dati provenienti dalle immagini satellitari Landsat utilizzando un campione di 17 città in tutto il mondo e con i confini amministrativi di 10 isole di varie dimensioni per valutarne la sovrastima.

Confrontando i dati DMSP-OLS con i dati Landsat è emerso che i dati sulle luci notturne sovrastimano costantemente le estensioni superficiali delle città. Facendo un confronto inter-annuale si nota come tale sovrastima è variabile negli anni per cui non esiste un coefficiente standard che possa caratterizzare tale sovrastima ad un effetto fisso.

Invece, confrontando le luci notturne con le superfici amministrative del campione di isole selezionato si nota una proporzionalità diretta tra la sovrastima e il valore esatto ed una distorsione costante di 2,7 km tra la posizione del punto esatto e la posizione stimata. Dall'analisi si evince la possibilità di utilizzare le immagini satellitari notturne delle luci notturne come proxy per mappare sia la posizione che l'estensione degli insediamenti umani. Tuttavia, la stessa analisi ha evidenziato l'inesistenza di una correlazione esatta tra il valore reale e il valore sovrastimato fornito dalle immagini satellitari.

---

<sup>25</sup> Il programma Landsat ha implementato un dataset formato da immagini satellitari sulla morfologia della superficie terrestre.

## 4 Analisi del contesto italiano

Il seguente capitolo costituisce il collegamento fra la parte teorica e la parte applicativa; infatti, se nei primi tre capitoli il seguente testo si è soffermato sulle caratteristiche tecniche come il tipo di osservazione e la qualità della stessa, nei successivi capitoli verrà esposta una descrizione inerente al contesto italiano.

Numerosi studi si sono soffermati sui Paesi in via di sviluppo come ad esempio la Cina, l'India, il Brasile monitorando l'espansione a cui sono stati soggetti dal momento in cui è stato istituito il database digitale del NOAA; per tali studi lo scopo è comprendere se i dati provenienti dalle luci notturne possano in futuro aiutare a comprendere la situazione attuale e aiutare a fare previsioni future sia su scala locale sia su scala nazionale. Infatti, il problema, in queste circostanze, è per lo più il tempo impiegato per costruire un set di dati che consente di monitorare l'andamento dell'economia.

Altri studi invece, si sono soffermati sui Paesi come il Burkina Faso o il Burundi in cui è alto il livello di incertezza e quindi, non si ha uno sviluppo concreto. In questi Paesi, ciò su cui si pone maggiormente l'accento è la scarsa reperibilità di informazioni e, allo stesso tempo, la scarsa qualità delle informazioni o perché i governi tendono a corrompere le informazioni o perché non sono presenti istituti statistici sviluppati.

Infine, alcuni studi si sono soffermati sui Paesi già sviluppati come gli Stati Uniti per comprendere se i dati provenienti dalle immagini satellitari notturne possano essere utilizzati come strumento di supporto se non addirittura come fonte principale per l'analisi macroeconomica.

Il seguente testo, come si può notare dal Paese analizzato, si concentra su quest'ultima applicazione. Pertanto, la domanda a cui i seguenti capitoli ambiscono a rispondere è comprendere se esiste una correlazione tra l'intensità delle fonti luminose e la densità delle attività economiche presenti sul territorio italiano. Dai dati dell'Istat, si nota come il Nord-Italia, per quanto riguarda l'industria, è maggiormente sviluppato rispetto al Sud-Italia dove c'è una maggiore prevalenza di attività legate al settore primario per cui, ci si aspetta che in termini di intensità luminosa, il Nord Italia possa apparire maggiormente "luminoso". Tuttavia, un altro fattore che sembra essere rilevante è la densità della popolazione; infatti, se per la dislocazione delle attività economiche è presente un divario netto, per quel che riguarda la densità di popolazione sembra esserci una differenza meno marcata.

In conclusione, il seguente capitolo è suddiviso in due parti: la prima parte definisce lo scopo della ricerca e come è stata organizzata invece, la seconda parte si concentra maggiormente sulla base su cui si poggia il seguente testo ossia i Sistemi Locali del Lavoro del 2011.

### 4.1 Lo scopo della ricerca

L'obiettivo della ricerca è di comprendere se esiste una correlazione tra i dati provenienti dalle immagini satellitari notturne e i dati economici nel contesto italiano, comprendere quali sono le sorgenti tra popolazione, industria e servizi che maggiormente impattano e di quantificare questa correlazione in modo da comprendere se questa fonte dati possa essere un valido mezzo per monitorare l'economia italiana.

Quest'analisi si articola in due sezioni. La prima sezione si concentra maggiormente nell'analisi dei dati provenienti dai satelliti per monitorare l'andamento dell'intensità luminosa nell'orizzonte temporale coincidente con l'orizzonte temporale dei dati DMSP-OLS ossia dal 1992 al 2013 e, le valutazioni vengono fatte sia a livello aggregato sia a livello locale ossia a livello dei Sistemi Locali del Lavoro.

Lo scopo di tale sezione è comprendere se la variazione nell'intensità luminosa possa coincidere con la variazione dell'attività economica sia per quanto riguarda i Sistemi Locali del Lavoro sia per quanto riguarda le aree geografiche in cui viene suddiviso il territorio italiano. Dai dati Istat si nota come alcune regioni hanno un'attività economica più consolidata, come la Lombardia e l'Emilia Romagna e in esse, ciò che varia maggiormente è la densità della popolazione; in altre regioni come il Veneto, l'attività economica è cresciuta lungo l'orizzonte temporale. Inoltre, essendo l'Italia un Paese sviluppato, la maggior parte dell'attività economica è associata ai servizi, seguiti dall'industria e dal settore primario.

Un altro fattore da analizzare è il ciclo economico a cui è stata soggetta l'Italia nel corso del ventennio considerato; è importante sottolineare che il seguente paragrafo non mira ad approfondire le cause e gli effetti che gli eventi descritti hanno provocato sul ciclo economico dell'Italia.

Dal 1992 al 2013 in Italia ci sono stati tre eventi che hanno influenzato la crescita.

Il primo evento è legato al periodo in cui furono avviate le procedure di privatizzazione delle compagnie appartenenti totalmente o parzialmente allo Stato<sup>26</sup> con lo scopo di:

- contrarre il debito pubblico e di rientrare nei vincoli imposti e di garantire una maggiore efficienza in determinati settori;
- stimolare i comportamenti competitivi e i miglioramenti dell'efficienza con lo scopo di consentire ai segmenti dell'industria italiana di competere nel mercato europeo;
- scorporare le attività che avrebbero apportato un maggior beneficio ai consumatori se operanti in regime concorrenziale;
- implementazione del mercato borsistico con lo scopo di attirare fondi esteri e di agevolare i piccoli consumatori nell'acquisizioni delle quote<sup>27</sup>.

Il secondo evento è legato al periodo dello scoppio della bolla delle Dot-Com tra il 2000 e il 2002<sup>28</sup>. In tale periodo, un'eccessiva fiducia del mercato azionario sull'avvento di internet ha fatto lievitare i prezzi al punto che il livello dei prezzi era di molto superiore al valore intrinseco delle aziende; successivamente, quando il mercato si rese conto che le aziende non poterono soddisfare le aspettative ci fu un flusso importante di vendite con conseguente crollo del valore del titolo. In questo periodo numerose aziende chiusero mentre altre si fusero o vennero acquistate da altre compagnie.

Infine, il terzo evento riguarda la crisi dei mutui sub-prime<sup>29</sup> che dagli Stati Uniti si diffuse anche in Italia. L'effetto fu una contrazione dell'offerta di credito da parte degli istituti bancari verso le famiglie e le imprese con conseguente crollo dei redditi e delle aspettative future. Infatti, da un lato crollarono

---

<sup>26</sup> DL 22 febbraio 1993, n. 41.

<sup>27</sup> Enrico Morelli. *L'Italia si privatizzi*. La Repubblica, 1990.

<sup>28</sup> Consob. Scoppio della bolla delle c.d. Dotcom.

<sup>29</sup> Consob. La Crisi Finanziaria del 2007-2009.

i prezzi delle abitazioni e dall'altro ci fu una contrazione degli investimenti delle imprese con conseguente crollo dell'occupazione.

La seconda sezione, mediante un'analisi regressiva quantifica la correlazione tra i dati DMSP-OLS e i dati provenienti dall'Istat relativi ai censimenti delle imprese e alla collocazione delle stesse sul territorio. Per quest'ultima sezione, poiché i dati forniti dall'Istat vengono aggiornati con una frequenza di dieci anni non considerando gli aggiornamenti eseguiti, sono due gli anni di riferimento: il 2001 e il 2011. Al fine di poter operare un confronto e comprenderne le differenze tra i due anni considerati, come viene discusso nel paragrafo successivo, si è assunta l'ipotesi che i Sistemi Locali del Lavoro siano rimasti gli stessi dal 2001 al 2011.

Per quel che riguarda l'attività economica sono state considerate due differenti variabili: la densità di addetti e la densità di imprese. Inoltre, l'analisi si concentra sia sui settori in aggregato, ossia il settore secondario e il settore terziario, sia sugli effetti marginali dei particolari settori più rappresentativi presenti all'interno dei settori secondario e terziario (ad esempio il settore della manifattura ed il settore del commercio). Per quest'ultima analisi sono stati presi in considerazione i settori classificati con il codice Ateco 2007<sup>30</sup> definiti dall'Eurostat e adottati dall'Istat a partire dal gennaio del 2008. Più nel particolare si sono adottate le distinzioni ad un livello macro ossia Ateco 1-digit<sup>31</sup>. Lo scopo di quest'ultima parte è di comprendere se l'intensità delle fonti luminose possano essere una valida alternativa per monitorare l'attività economica nel contesto italiano e, allo stesso tempo comprendere quali settori danno un contributo maggiore all'intensità luminosa che viene rilevata dai satelliti. In aggiunta, si considera come variabile jolly la densità di popolazione per comprendere se possa esistere una correlazione fra l'attività economica e la densità di popolazione.

## 4.2 I Sistemi Locali del Lavoro

Nel seguente paragrafo viene identificata la scala minima su cui si poggia l'analisi presente nei capitoli successivi. La scelta della scala da utilizzare ha una motivazione legata sia ad un aspetto teorico sia ad un aspetto tecnico.

Da un punto di vista teorico è di assoluta rilevanza individuare una scala minima che consenta di individuare la collocazione delle attività economiche presenti nel territorio italiano.

Una prima grande distinzione concerne tra la scelta di una suddivisione del territorio in base ad una scala amministrativa (comuni/province/regioni) oppure la scelta di una suddivisione del territorio che si focalizza sulle dinamiche presenti nelle differenti località con lo scopo di identificare le attività economiche.

Poiché l'obiettivo del testo è di comprendere se esiste la possibilità di utilizzare le fonti di dati associate alle luci notturne, occorre utilizzare una scala che meglio approssima l'attività economica presente nel territorio italiano. Infatti, da un lato le aree in cui sono presenti agglomerazioni di imprese, accomunate tra loro dal settore nel quale operano, si estendono oltre i comuni per cui l'utilizzo di una scala amministrativa come i comuni condurrebbe ad una perdita di informazione. Dall'altro, tali aree possono essere allocate a ridosso di più province e di regioni; inoltre, utilizzando una scala

---

<sup>30</sup> Eurostat. Classificazione statistica delle attività economiche nella Comunità europea. URL: ([https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST\\_NOM\\_DTL&StrNom=NACE\\_R\\_V2&StrLanguageCode=IT&IntPckKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=NACE_R_V2&StrLanguageCode=IT&IntPckKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC) ).

<sup>31</sup> Istat. Classificazione delle attività economiche Ateco 2007. URL: ( <https://www.istat.it/it/archivio/17888> ).

amministrativa come le provincie o le regioni potrebbero verificarsi due problematiche: una scala troppo ampia porterebbe ad approssimazioni troppo grossolane delle attività economiche e una scala fondata sui confini amministrativi porterebbe ad una perdita d'informazione qualora le attività economiche si estendessero tra i confini amministrativi. Pertanto, la scelta è ricaduta sull'adozione della scala definita dai Sistemi Locali del Lavoro.

I Sistemi Locali del Lavoro (SLL) sono composti da un insieme di località in cui il flusso di popolazione presente risiede e/o è occupata a livello lavorativo e dove hanno luogo gran parte delle relazioni sociali ed economiche. Tale aggregazione viene fatta a partire dalle località più rilevanti a livello economico nel contesto regionale e nazionale da cui prendono i nomi i Sistemi Locali del Lavoro; successivamente, vengono aggregate le località limitrofe secondo dei criteri ben delineati.

Pertanto, la definizione dei SLL nasce dall'esigenza di definire nel modo più puntuale possibile le zone entro le quali è presente un'attività economica e, allo stesso tempo considerare tutte le attività economiche presenti, infatti, se venissero considerati i confini amministrativi delle varie località si andrebbe in contro a due errori di misura: da un lato verrebbero trascurati tutti i soggetti che vivono nelle zone periferiche e nelle località limitrofe ma lavorano nelle città principali e dall'altro verrebbero trascurati tutti quei settori economici che sono prossimi ai confini amministrativi. Pertanto, questa visione più ampia permette di comprendere l'attività economica in tutte le sue sfaccettature.

Per poter definire i confini dei Sistemi Locali del Lavoro devono essere rispettati una serie di principi per rendere più coerente la composizione dei differenti SLL. Pertanto (Coombes et al., 1992):

- i. la definizione dei confini dei vari Sistemi Locali del Lavoro deve consentire un confronto solido ed oggettivo su base statistica tra i differenti SLL. In tal modo è possibile effettuare un'analisi economica di un Paese su scala locale;
- ii. per poter determinare i confini è di prioritaria importanza analizzare nel dettaglio i flussi di pendolarismo nel tragitto casa-lavoro. Infatti, ogni Sistema Locale del Lavoro deve contenere al suo interno tutte le zone limitrofe i cui residenti effettuano viaggi casa-lavoro;
- iii. le medesime zone non possono essere inglobate parzialmente in diversi Sistemi Locali del Lavoro e, allo stesso tempo non è possibile includere la medesima località in diversi Sistemi Locali del Lavoro;
- iv. le località che vengono comprese devono necessariamente essere limitrofe alle località principali con cui vengono costituiti i Sistemi Locali del Lavoro; il motivo è dato dal fatto che nonostante ci possa essere un flusso di pendolarismo non trascurabile, è abbastanza improbabile che le persone compiano lunghi tragitti per recarsi a lavoro. Pertanto, nel caso in cui la medesima zona possa essere inclusa indifferentemente in due Sistemi Locali del Lavoro, dovrà essere inclusa nel SLL più prossimo alla località;
- v. i vari SLL devono essere visti come se fossero delle regioni autonome nel senso che devono essere inglobati tutti i territori che comprendono le località dove le persone vivono e le località dove le persone lavorano. Pertanto, i vari Sistemi Locali del Lavoro si devono considerare come se fossero indipendenti dal punto di vista socioeconomico;
- vi. le varie agglomerazioni per poter essere definite come Sistemi Locali del Lavoro devono superare una soglia minima di attività economica. Infatti, se così non fosse, si dovrebbe considerare l'ipotesi di inglobare queste zone all'interno di un complesso più grande.

Da ciò si evince che, in base all'evoluzione delle differenti attività economiche nel tempo, si possono verificare quattro possibili scenari. Il primo consiste nella permanenza del Sistema Locale ossia che il

numero di comuni inglobati resti lo stesso e il sito economico di maggior rilievo coincide con il sito da cui prende il nome il SLL. Il secondo scenario consiste nella riduzione del numero di comuni presenti nel Sistema Locale del Lavoro poiché variano le capacità dei vari siti economici. Il terzo scenario si realizza quando all'interno dello stesso SLL il sito principale, a cui si aggregavano le località limitrofe, perde di rilevanza a discapito di un sito presente nel medesimo SLL che nella fase di censimento darà il nome al nuovo SLL. Infine, il quarto scenario ha luogo quando il SLL perde di consistenza e i vari territori compresi al suo interno aggregati in differenti Sistemi Locali del lavoro limitrofi.

Nella fase di determinazione dei SLL esistono numerosi fattori da tenere in considerazione:

- l'intensità dello sviluppo dell'attività economica presente nella località principale del Sistema Locale del Lavoro;
- la presenza di reti di trasporto che agevolano il pendolarismo in comuni differenti. Un esempio potrebbe essere la linea ferroviaria che collega la città principale alle zone limitrofe;
- la morfologia del territorio.

Un ulteriore approfondimento riguarda la suddivisione dei Sistemi Locali del Lavoro<sup>32</sup>. I Sistemi Locali del Lavoro vengono suddivisi in base alle caratteristiche dell'attività economica e, per il contesto italiano sono state identificate quattro categorie: Sistemi Locali Non Specializzati, Sistemi Locali Non Manifatturieri, Sistemi Locali del Made in Italy e Sistemi Locali della Manifattura Pesante. A loro volta le quattro categorie sono dettagliate in ulteriori categorie. I Sistemi Locali Non Manifatturieri si suddividono in Sistemi Locali Urbani che a loro volta sono classificati in base alla specializzazione e in Altri Sistemi Locali Non Manifatturieri nel quale vengono considerati i Sistemi Locali Turistici e legati alle attività rurali. I Sistemi Locali del Made in Italy si suddividono per lo più in due categorie: i Sistemi Locali legati al tessile, all'abbigliamento e alla produzione e lavorazione del cuoio e i Sistemi Locali legati alle attività di produzione tra cui mobili e gioielli. Infine, i Sistemi Locali della Manifattura Pesante si suddividono in base: alla produzione di materiali da costruzione e di metalli, alla produzione dei mezzi di trasporto e Sistemi Locali legati al settore petrolchimico e farmaceutico.

Oltre a tale suddivisione vengono considerate altre variabili associate ai Sistemi Locali del Lavoro. In prima istanza vengono considerate le combinazioni del tasso di occupazione e del tasso di disoccupazione aggiornate periodicamente in relazione alla definizione dei Sistemi Locali del Lavoro. Il livello di occupazione e di disoccupazione, espresso in media annua, viene suddiviso in quattro livelli e, oltre a tale combinazione, viene considerato anche lo storico legato ai livelli di disoccupazione per comprendere se all'interno dei Sistemi Locali del Lavoro sono in atto delle variazioni che possono portare ad una riformulazione degli stessi.

In seconda istanza viene presa in considerazione il livello di produzione, espresso in euro, delle aziende presenti nei vari Sistemi Locali del Lavoro con l'obiettivo di comprendere le dinamiche nei Sistemi Locali del Lavoro.

Oltre agli aspetti occupazionali e produttivi, mediante l'analisi che porta alla formulazione dei Sistemi Locali del Lavoro vengono prese in considerazione alcune variabili demografiche<sup>33</sup>. Primi su tutto

---

<sup>32</sup> Parametri per l'identificazione dei sistemi locali (sl) candidabili alle agevolazioni previste per le aree di crisi industriale non complessa. URL: ([https://www.istat.it/it/files/2016/10/PARAM\\_sett2016-1.xlsx](https://www.istat.it/it/files/2016/10/PARAM_sett2016-1.xlsx)).

<sup>33</sup> Evoluzione dei sistemi territoriali. URL: (<https://www.istat.it/it/files/2014/12/Evoluzione-dei-sistemi-territoriali-2007.pdf>).

vengono analizzati i flussi migratori interregionali e intraregionali con l'obiettivo di individuare la rete di spostamenti di residenza o di domicilio sul territorio; in particolare, si cerca di individuare le cause da cui scaturiscono questi flussi migratori. Tra le cause principali si pone l'accento sulle scelte individuali e familiari e sulla possibilità di individuare impieghi migliori. Inoltre, l'analizzando le destinazioni dei flussi migratori è possibile individuare le dinamiche presenti nei Sistemi Locali del Lavoro associate al consolidamento e alla diffusione delle specifiche attività economiche. Un'ulteriore analisi associata ai flussi migratori si concentra sui flussi presenti tra Paesi europei ed extra-europei.

Dato l'orizzonte temporale considerato nella seguente trattazione (1992-2013) sono stati esaminati i Sistemi Locali del Lavoro del 1991, del 2001 e del 2011; tuttavia, nella seguente trattazione sono stati considerati i Sistemi Locali del Lavoro 2011 (Fig. 13) sia perché mostrano una definizione meno precaria rispetto alle precedenti definizioni sia perché, anche in relazione all'analisi che viene affrontata nel capitolo 6, dai dati Istat emerge che non ci sono state delle variazioni consistenti nel censimento dei Sistemi Locali del Lavoro nell'ultimo decennio (2001-2011). Infatti, dal 1991 al 2001 il numero di SLL censiti è passato da 784 a 683; invece nel 2011 il numero di SLL è risultato essere 611. Inoltre, utilizzando un'unica scala e con l'ipotesi di assenza di variazione nelle dimensioni dei SLL è possibile effettuare un confronto inter-annuale nel quale viene isolato l'effetto della variazione dell'intensità luminosa.

Per quel che riguarda la qualità dei dati, a partire dal 2011 oltre ai principi descritti in precedenza, l'Istat in collaborazione con l'Eurostat, ha adottato una nuova strategia con lo scopo di ridurre la variabilità contenuta all'interno dei dati forniti; infatti, ad eccezione della variabilità presente nella fase di agglomerazione dei comuni in SLL, tutte le altre statistiche mostrano dei miglioramenti. Da un lato sono stati adottati dei nuovi algoritmi di valutazione sia per agglomerare i vari comuni a Sistemi Locali del Lavoro sia per comprenderne la significatività e dall'altro, è variato anche il processo di acquisizione dei dati. Infatti, all'inizio il processo di acquisizione dei dati era soggetto alla variabilità proveniente dai questionari che l'Istat mandava agli enti locali che a loro volta distribuivano alle aziende, invece, mediante il nuovo processo, è stato deciso di ridurre le dimensioni dei questionari e reperire i dati direttamente dagli enti locali al fine di standardizzare maggiormente il processo e ridurre la variabilità<sup>34</sup>.

Invece, per quel che riguarda le variazioni dal 2001 al 2011 si evince che il 91% (circa 556) dei SLL è rimasto invariato e, più nello specifico dei 556 SLL rimasti invariati 211 contengono lo stesso numero di comuni, 120 subiscono una riduzione del numero di comuni mentre 225 si ingrandiscono. Inoltre, nel 2011 sono stati censiti 55 nuovi SLL e del 2001 ne sono stati disaggregati 127.

---

<sup>34</sup> Ulteriori approfondimenti inerenti al metodo adottato sono disponibili sul sito dell'Istat. URL: ([https://www.istat.it/it/files//2014/12/nota-metodologica\\_SLL2011\\_rev20150205.pdf](https://www.istat.it/it/files//2014/12/nota-metodologica_SLL2011_rev20150205.pdf)).

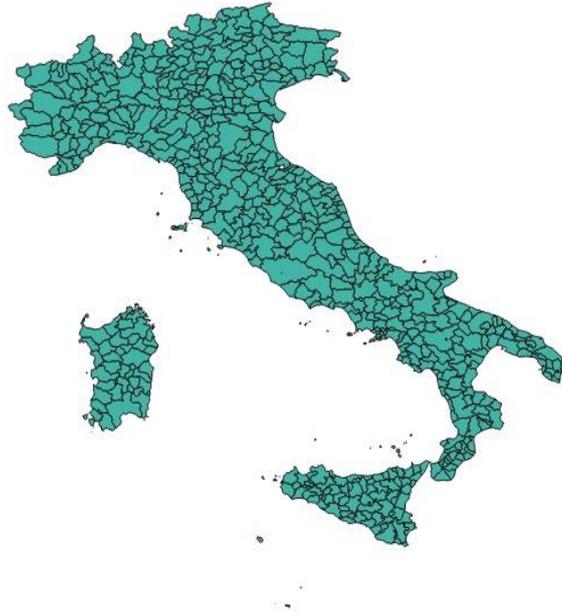


Figura 13: I Sistemi Locali del Lavoro nel 2011.

Infine, un'ulteriore motivazione, sul perché è stata considerata la scala associata ai Sistemi Locali del Lavoro, tiene in considerazione gli aspetti tecnici legati alle immagini satellitari. Come descritto nel paragrafo 2.2 le immagini satellitari notturne presentano alcune inefficienze e ciò potrebbe portare a valutazioni erranee.

Infatti, da un lato il fenomeno della geolocalizzazione porta a collocare il pixel luminoso in una posizione la cui distanza dal punto locale non è trascurabile, pertanto, l'utilizzo di una scala di riferimento come i Sistemi Locali del Lavoro al posto dei confini amministrativi consente di ridurre l'entità di questo effetto. Dall'altro un ulteriore problema è legato alla sfocatura dei pixel prossimi al pixel luminoso; infatti, i pixel limitrofi ai pixel molto luminosi vengono "drogati" sia dal fenomeno del blurring sia con il processo di smoothing. Per spiegare il fenomeno del blurring si può immaginare il riflesso nelle aree circostanti che provoca un raggio di luce proiettato su una superficie. Invece, per quel che riguarda il processo di smoothing, da un lato tenta di minimizzare il fenomeno del blurring ma, dall'altro il metodo attuato (creazione di matrici 5 x 5) uniforma le intensità luminose e ciò provoca la perdita parziale di informazione.

Pertanto, per quest'ultimo problema si dimostra che mediante le immagini satellitari notturne è più arduo definire i confini amministrativi delle città e quindi considerando una dimensione maggiore l'impatto che ha l'errore viene contenuto.

## 5 Raccolta dati e statistiche descrittive

Il seguente capitolo affronta vari aspetti relativi al processo di raccolta dati e alle relative statistiche descrittive.

Nella prima parte viene descritto il processo attraverso il quale dalle immagini satellitari notturne permette di quantificare l'intensità luminosa nei siti d'interesse. Tale processo si articola in una serie di passaggi: una volta acquisite le immagini satellitari, con l'ausilio di una maschera raffigurante i Sistemi Locali del Lavoro, viene estratta l'immagine della penisola italiana per ognuno dei ventidue anni dell'orizzonte temporale definito e, successivamente vengono associate delle statistiche descrittive ad ognuno dei Sistemi Locali del Lavoro in merito alla luminosità presente in essi.

Nella seconda parte vengono definite delle statistiche descrittive, che verranno ulteriormente approfondite nell'Appendice C, per confrontare i dati dell'intensità luminosa sia tra differenti Sistemi Locali del Lavoro nel medesimo anno e sia per i medesimi Sistemi Locali del Lavoro confrontati su tutto l'orizzonte temporale per comprendere le principali disomogeneità lungo la penisola italiana.

Invece, nella terza parte vengono comparate le statistiche delle luci notturne con le statistiche legate alla popolazione ed il prodotto interno lordo reale a loro volta ulteriormente approfondite nell'Appendice D. Anche in quest'ultima parte lo scopo è di valutare a livello qualitativo se possa esistere una potenziale correlazione tra l'evoluzione delle luci notturne e l'evoluzione della densità della popolazione e allo stesso tempo se possa esistere una correlazione tra le luci notturne e il PIL, o comunque qualche misura dimensionale delle attività economiche.

Nell'ultima parte del capitolo vengono argomentate delle considerazioni in merito agli esiti derivanti dalle statistiche descrittive.

### 5.1 Processo di raccolta dei dati

Lo scopo della seguente sezione è di descrivere il processo con il quale sono stati estrapolati dei parametri che esprimono a livello quantitativo l'intensità delle fonti luminose all'interno dei confini delineati dai Sistemi Locali del Lavoro. Tuttavia, la seguente trattazione non vuole assumere gli aspetti di un manuale d'uso quindi, senza entrare in eccessivo dettaglio verranno fornite delle informazioni sul processo con il quale è possibile estrapolare informazione sfruttando i pixel che compongono le immagini satellitari.

Il seguente processo si articola in tre fasi:

- i. setting dei file provenienti rispettivamente dall'archivio digitale dell'Istat e dall'archivio digitale del NOAA;
- ii. estrazione della porzione dell'immagine rappresentativa della penisola italiana dall'immagine satellitare di tutta la superficie terrestre;
- iii. aggregazione dei dati provenienti dalle porzioni d'immagine rappresentativa dell'Italia ed estrazione del database.

Per un ulteriore supporto alla comprensione del processo, si rende necessario dare due definizioni.

I file raster sono composti da matrici di pixel e, all'interno di ogni cella è definito un valore associato che ne quantifica l'intensità della luminosità o del colore. Nel caso specifico le immagini satellitari notturne sono da considerarsi dei file raster poiché ad ogni cella è associato un numero digitale che ne quantifica l'intensità della fonte luminosa.

Gli shapefile sono una tipologia di file il cui formato di archiviazione consente di registrare localizzazione, forma ed attributi di entità spaziali. Gli shapefile sono composti da più file ed ognuno di essi ha una specifica funzionalità<sup>35</sup>. Nel caso specifico ai Sistemi Locali del Lavoro italiani è possibile associare i corrispondenti shapefile ed associare tali file ai file raster contenenti i dati relativi alla luminosità.

Per poter eseguire l'estrazione della porzione di immagine satellitare e l'implementazione (e la successiva estrazione) della tabella associata allo shapefile dei Sistemi Locali del Lavoro del 2011 è stato utilizzato un programma GIS: in particolare QGIS 3.14<sup>36</sup>.

In un primo momento, è stato necessario sia effettuare la correzione di alcuni poligoni raffiguranti i SLL<sup>37</sup> sia modificare il sistema di riferimento<sup>38</sup> per farlo coincidere con il medesimo sistema di riferimento dei file raster (Fig. 14).

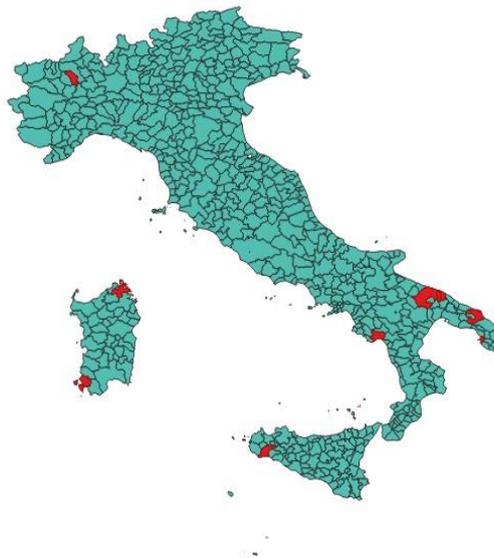


Figura 14: In rosso sono raffigurati i poligoni non riconosciuti da QGIS 3.14.

---

<sup>35</sup> I formati sono:

- nomefile.shp: è il file che contiene le informazioni geometriche;
- nomefile.dbf: è il file che contiene l'informazione tabellare (dati attributo);
- nomefile.shx: è il file indice, che permette di raccordare geometria e informazione tabellare;
- nomefile.prj: registra il Sistema di Riferimento geografico;
- nomefile.sbn (o anche fbn, fbx): registrano indici spaziali;
- nomefile.xml: registra i metadati.

<sup>36</sup> QGIS. URL(<https://www.qgis.org/it/site/forusers/download.html>).

<sup>37</sup> I programmi GIS in alcuni casi non riescono a leggere determinati poligoni poiché o hanno una forma troppo complessa oppure, sono presenti dei punti che il programma rileva una sorta di "piega".

<sup>38</sup> Il sistema di riferimento (SR) definisce, attraverso delle coordinate, l'allocatione nel piano dell'immagine proiettata nel programma GIS. Pertanto, quando vengono rappresentati più file contemporaneamente, le immagini verranno collocate nel piano in modo tale da ottenere una perfetta sovrapposizione delle stesse porzioni di superficie terrestre provenienti da file differenti.

Inoltre, la raccolta dati sul sito del NOAA presenta per 12 dei 22 anni una doppia rappresentazione e, nella seguente trattazione è stata considerata tutta l'informazione presente sull'archivio digitale. Il motivo per il quale è stata presa questa decisione è l'importanza di tenere in considerazione l'informazione riportata da tutte le fonti disponibili in modo tale da poter ottenere una valutazione complessiva che sia il più possibile oggettiva e, allo stesso tempo sia tutelata dalla sistematicità dell'errore che potrebbe manifestarsi qualora venisse scelta una sola osservazione delle due messe a disposizione nel medesimo anno<sup>39</sup>.

Infatti, anche se i satelliti sono stati lanciati in periodi differenti, presentano stadi di obsolescenza differenti e presentano dei sistemi di osservazioni che si differenziano tra loro per via di alcune modifiche del sistema OLS nel tempo l'impatto che ha un errore di stima delle specifiche osservazioni è minore rispetto all'impatto dell'errore intrinseco derivante dalla selezione di un'unica osservazione. Inoltre, per semplicità di calcolo non sono stati considerati gli effetti fissi derivanti dall'inefficienza delle immagini satellitari; dunque, nei casi in cui è presente una doppia osservazione, il file raster risultante è stato ricavato mediando le due immagini satellitari notturne del medesimo anno (Lowe 2014).

Successivamente, nella seconda fase del processo, è stata estratta la superficie raffigurante il territorio italiano da ognuna delle immagini satellitari notturne utilizzando come maschera il territorio italiano fornito dai file dell'Istat (Fig. 15 e 16).



Figura 15: L'Italia di notte proveniente dal satellite F16 anno 2008.



Figura 16: Esito raggiunto mediando le immagini dei satelliti F14 e F15 anno 2000

---

<sup>39</sup> Nell'analisi condotta relativa al commercio regionale nell'Africa orientale Eberhard-Ruiz e Moradi (2019) negli anni in cui era presente una doppia osservazione hanno considerato un'unica osservazione trascurando l'immagine satellitare che a loro avviso era meno qualitativa.

Una volta ottenuti i file raster della penisola italiana dal 1992 al 2013, segue la terza fase nella quale vengono estrapolate le informazioni necessarie per il prosieguo della trattazione. Mediante il programma GIS è stato possibile scomporre i file raster rappresentativi dell'Italia nei 611 Sistemi Locali del Lavoro e, in seguito è stato possibile aggiungere le colonne con le statistiche descrittive alla tabella associata allo shapefile dei SLL. Per ogni anno dell'orizzonte temporale le statistiche considerate sono:

- la media delle intensità luminose all'interno dei confini di ognuno dei 611 Sistemi Locali del 2011;
- la deviazione standard per misurare la variabilità derivante dalle differenti intensità dei pixel presenti all'interno dei SLL;
- il valore massimo in termini di intensità luminosa nei confini dei SLL;
- il valore minimo in termini di intensità luminosa nei confini dei SLL;
- la mediana tra i pixel contenuti in ogni SLL;
- il numero totale di pixel presenti in ognuno degli shapefile.

I parametri statistici individuati servono per due narrative statistiche che vengono accomunate dall'obiettivo di comprendere le potenzialità di questa fonte dati come proxy per studiare l'attività economica all'interno del Paese.

Da un lato lo scopo della seguente trattazione è di valutare attraverso le statistiche descrittive l'andamento dell'intensità delle luci notturne presenti sul territorio italiano e di comprenderne sia l'evoluzione nell'orizzonte temporale considerato sia la possibilità di individuare delle analogie con i principali indici di redditività del Paese. Ulteriori dettagli sono forniti del paragrafo successivo.

Dall'altro lo scopo è definire quali e quante variabili considerare per creare un modello econometrico con il quale raggiungere l'obiettivo finale che consiste nello studio di fattibilità relativo all'associazione delle luci notturne con le variabili rappresentative dell'attività economica presente nel contesto italiano. Infatti, se da un lato vengono considerate le variabili a livello aggregato, ovvero il settore secondario e il settore terziario, dall'altro vengono approfondite le analisi considerando i settori più rappresentativi dell'industria e dei servizi. Questo tema viene ampiamente trattato nei capitoli successivi; tuttavia, all'interno di questo capitolo vengono gettate le basi per la definizione delle variabili considerate nel modello econometrico.

## 5.2 Analisi inter- ed intra- temporale tra i Sistemi Locali del Lavoro

Le statistiche descrittive proposte in questa sezione mirano a far comprendere l'evoluzione delle luci notturne sul territorio italiano e comprendere se possa esserci una correlazione con l'andamento economico nello stesso orizzonte temporale.

Per poter procedere nella trattazione è opportuno precisare che il presente lavoro è – a nostra conoscenza - il primo a testare se e come i dati delle luci notturne possano costituire una proxy valida dell'attività economica in Italia. Inaugura pertanto, un filone di ricerca che verrà successivamente arricchito ed affinato. In questo senso, le analisi sono state volontariamente introdotte per testare le potenzialità dei dati 'grezzi', cioè non trattati per eliminare le distorsioni illustrate nel secondo capitolo del testo attraverso le euristiche presentate sia nel secondo capitolo che nel terzo capitolo. Spetterà ai successivi lavori introdurre, anche comparativamente, gli affinamenti suggeriti dalla letteratura per

comprendere se, per quel che riguarda il contesto italiano, l'entità del rumore derivante dalle possibili distorsioni è o meno trascurabile.

Inoltre, si rende necessario fare una precisazione in merito alle statistiche considerate nel seguente paragrafo. Per quel che riguarda il computo della media e della varianza sono stati adottati i seguenti metodi:

- i. per ogni anno la stima della media viene stata calcolata considerando come peso assoluto per ognuno dei SLL il numero totale di pixel presenti in ognuno di essi;
- ii. per ogni anno la stima della varianza definita corrisponde al  $S^2_{pool}$  e, viene assunta l'ipotesi di indipendenza tra i SLL; inoltre, il peso assoluto per ognuno dei SLL corrisponde al numero totale di pixel presenti in ognuno di essi opportunamente corretto con gli opportuni gradi di libertà.

Infine, per quel che riguarda l'organizzazione del paragrafo sono state affrontate due differenti analisi. La prima parte del seguente paragrafo si focalizza sugli specifici Sistemi Locali del Lavoro per rilevare in che modo alcuni SLL si sono distinti dagli altri. In particolare, i SLL vengono messi a confronto considerando per ognunon di essi tre statistiche descrittive: il pixel più luminoso, il pixel meno luminoso ed il pixel medio. Per ognuna delle tre statistiche descrittive vengono considerati i SLL che hanno avuto, nel corso di tutto l'orizzonte temporale, un andamento superiore e inferiore rispetto ai restanti Sistemi Locali del Lavoro.

La seconda parte del seguente paragrafo si concentra maggiormente sulle statistiche descrittive associate all'aggregazione dei Sistemi Locali del Lavoro in aree geografiche e, per l'aggregazione in aree geografiche viene presa in considerazione la Nomenclatura delle Unità Territoriali Statistiche di classe 1 (Acronimo NUTS-1)<sup>40</sup> ideata dall'Eurostat nel 1988 a supporto delle analisi statistiche relative ai Paesi dell'Unione Europea. Per l'Italia, tale suddivisione viene in cinque aree geografiche: Nord-ovest, Nord-est, Centro, Sud e Isole. Un ulteriore valutazione viene fatta aggregando i Sistemi Locali del Lavoro in base a degli intervalli definiti in base all'andamento generale delle luci notturne nel territorio italiano dal 1992 al 2013.

### 5.2.1 Andamenti dei principali Sistemi Locali del Lavoro in Italia

Nel presente paragrafo vengono affrontati gli andamenti dei principali SLL presenti in Italia e vengono presi in considerazione alcuni SLL in base a delle specifiche valutazioni.

Una prima valutazione mette a confronto i dati Istat e i dati dell'intensità luminosa per capire quali sono i Sistemi locali del Lavoro più dominanti. Successivamente, una seconda valutazione viene fatta mettendo a confronto i singoli SLL.

Innanzitutto, viene presa in considerazione la dinamica dei primi quattro SLL in termini di dimensione ed in termini di luminosità media.

---

<sup>40</sup> Parlamento Europeo. Sezione *Note tematiche sull'Unione europea*.

URL:(<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/99/nomenclatura-comune-delle-unita-territoriali-statistiche-nuts-> ).

I quattro SLL più importanti, in termini di dimensione assoluta della forza lavoro, hanno mantenuto questo status dal 1991 al 2011<sup>41</sup>: il parametro di selezione è il “numero di posti di lavoro”. I Sistemi Locali selezionati considerando i dati Istat sono (Fig. 17): Napoli, Roma, Milano e Torino. Tra questi i due SLL più influenti in assoluto sono Milano e Roma che nel corso dei vent’anni considerati hanno mantenuto un numero di posti di lavoro almeno pari a un milione; invece, Torino e Napoli mediamente hanno mantenuto un base di posti di lavoro pari a circa la metà rispetto ai SLL di Milano e di Roma.

Successivamente vengono considerati i quattro SLL più "luminosi", che hanno mantenuto un andamento medio nel tempo in termini di luminosità sempre superiore alla soglia di 45 DN cioè Milano, Napoli, Torre del Greco e Pagani (Fig. 18).

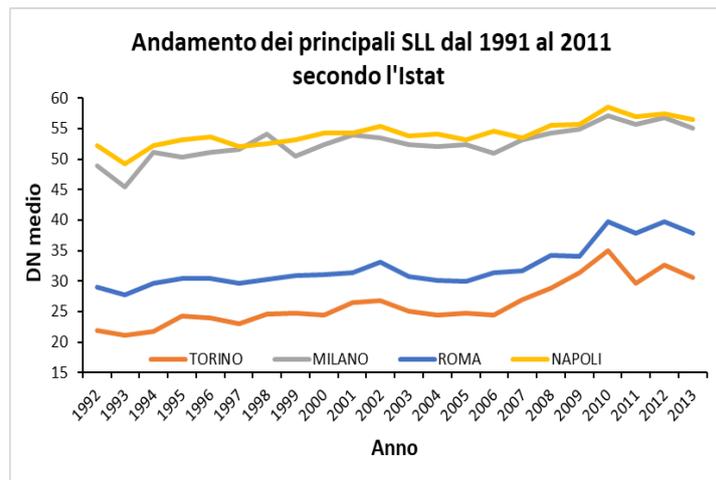


Figura 17: Andamento medio delle luci notturne nei principali SLL di Milano, Torino, Roma e Napoli.

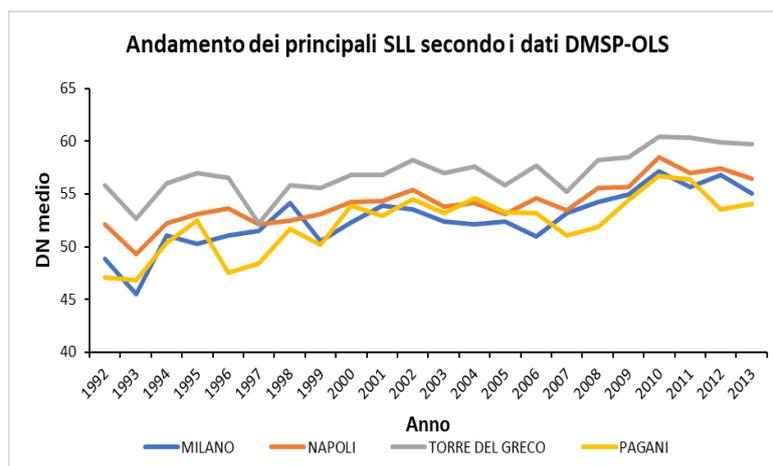


Figura 18: Andamento medio delle luci notturne nei principali SLL di Milano, Napoli, Torre del Greco e Pagani.

<sup>41</sup> L'Istat pubblica i censimenti dei SLL ogni 10 anni; pertanto, sono stati considerati i censimenti relativi agli anni 1991, 2001 e 2011.

Successivamente, vengono fatte alcune considerazioni riguardo agli specifici Sistemi Locali del Lavoro. Per ognuno dei 611 Sistemi Locali del Lavoro sono stati considerati il valore medio dell'intensità luminosa, il pixel più luminoso e il pixel meno luminoso per ognuno dei ventidue anni dell'orizzonte temporale. Inoltre, sono stati selezionati i SLL che mostravano un andamento migliore e peggiore in confronto a tutti i SLL.

L'obiettivo è comprendere se esistono dei SLL che hanno un'intensità luminosa molto rilevante ma che non fanno parte delle aree in cui è presente una maggior attività economica nel contesto italiano. Tale considerazione viene fatta alla luce del fatto che un pixel molto luminoso può influenzare (fenomeno del blurring) i pixel adiacenti e può, sotto opportune condizioni, influenzare un intero SLL.

Considerando il pixel più luminoso per ognuno dei SLL, solo i due Sistemi Locali del Lavoro di Roma e di Napoli hanno mantenuto l'intensità del pixel più luminoso più alta in assoluto per tutti i ventidue anni di orizzonte temporale: per entrambi i Sistemi Locali il pixel più luminoso ha avuto un'intensità pari a 63.

Invece, il Sistema Locale del Lavoro di Seui è stato l'unico ad avere mantenuto l'intensità del pixel più luminoso più basso in assoluto fra tutti i Sistemi Locali nell'intervallo considerato. Considerando l'andamento dell'intensità del pixel più luminoso per il SLL di Seui si nota che è stato raggiunto il punto di massimo assoluto pari a 16 nel 2010 in cui ed il punto di minimo assoluto è stato raggiunto nel 1992 ed è stato pari a 6.

Un'altra valutazione è stata fatta in merito al pixel meno luminoso per ognuno dei SLL in tutto l'orizzonte temporale. Dall'analisi emerge che il pixel meno luminoso del SLL di Nocera Inferiore ha mantenuto un'intensità superiore a tutti i SLL considerati e, osservando l'intero orizzonte temporale si nota come il pixel meno luminoso di Nocera Inferiore ha avuto un'intensità almeno pari a 19.

Inoltre, è stata fatta una comparazione fra i singoli SLL andando a considerare l'intensità media della luminosità per ognuno dei Sistemi Locali del Lavoro. Dall'analisi emerge che il SLL di Torre del Greco ha mantenuto, nell'intervallo considerato, l'andamento dell'intensità media della luminosità più alto fra tutti i SLL (Fig. 18): osservando tale andamento, si nota come il minimo assoluto è stato pari a 52 nel 1997 mentre, il valore massimo assoluto è stato circa 60 nel 2010.

Invece, sempre considerando l'intensità media della luminosità per ognuno dei 611 SLL emerge che i Sistemi Locali del Lavoro di Caronia e di Buddusò hanno mantenuto, nell'intervallo considerato, l'andamento dell'intensità media della luminosità più basso fra tutti i SLL. Infatti, dal 1992 al 2013, per entrambi i SLL di Caronia e di Buddusò l'intensità media della luminosità non è mai stata superiore a 3.

Infine, è stata fatta un'analisi in merito ai SLL che, nell'orizzonte temporale stabilito, hanno avuto una maggior crescita in termini di intensità media luminosa (Fig. 19).

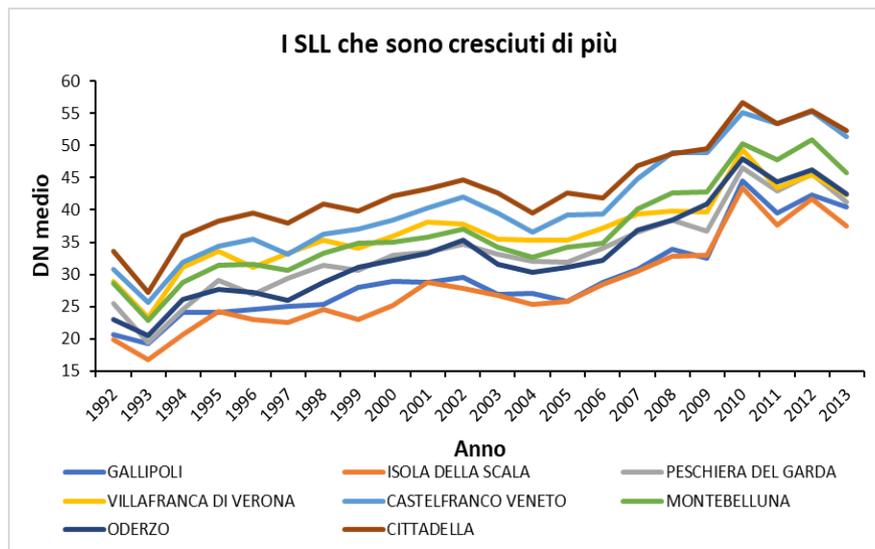


Figura 19: Andamento dei SLL che hanno avuto maggior crescita in intensità luminosa.

Degli otto SLL considerati, sette sono Sistemi Locali del Lavoro del Veneto invece, il restante SLL ossia Gallipoli è situato in Puglia. Inoltre, degli otto SLL considerati, Cittadella è il SLL che ha avuto una crescita maggiore in termini di luminosità media, infatti, dal 1993 al 2010 è aumentato di 103 punti percentuali.

Nel complesso notiamo inoltre che nonostante le differenti intensità medie luminose acquisite, hanno avuto un pattern di crescita molto simile che è stato possibile suddividere in quattro segmenti di tempo:

- tra il 1992 e il 1994 si nota un brusco calo delle intensità luminose e, i SLL hanno avuto una decrescita media del 17% rispetto al massimo relativo presente nel 1992. Tale gap è stato colmato o nell'anno seguente o nel biennio seguente;
- tra il 1994 e il 2002 si nota invece una crescita dell'intensità luminosa in tutti i SLL almeno del 90% rispetto al punto di minimo assoluto nel 1993;
- dal 2002 al 2004 si nota una sostanziale riduzione delle intensità luminose. Tale declino ha in parte compensato la crescita che è avvenuta nel periodo precedente (1994-2002);
- dal 2004 al 2010 l'intensità luminosa è ripresa a crescere colmando la perdita del periodo precedente in tre anni e tale crescita è proseguita fino a raggiungere il punto di massimo assoluto nel 2010 per tutti i Sistemi Locali del Lavoro.

## 5.2.2 Andamento a livello aggregato dei Sistemi Locali del Lavoro

Nel seguente paragrafo vengono espone delle valutazioni del contesto italiano a livello aggregato: la prima parte è dedicata alla penisola italiana nel complesso, la seconda si concentra sugli andamenti suddividendo i SLL in base alla nomenclatura delle unità territoriali statistiche in base alle aree geografiche (NUTS-1) dell'Italia utilizzata dall'Eurostat e infine, la terza parte, una volta fissati degli intervalli di intensità luminosa, tratta l'evoluzione del contesto italiano.

### 5.2.2.1 Andamento generale a livello aggregato

I dati aggregati su scala nazionale vengono utilizzati per fare delle considerazioni sia sull'andamento della media e della variabilità sia sull'andamento dei quartili sull'orizzonte temporale stabilito.

L'andamento dell'intensità della luminosità media negli anni può essere segmentato in cinque periodi (Fig. 20):

- nel periodo legato al crollo della lira si nota un brusco calo delle intensità luminose. Nel 1993 è stato raggiunto il punto di minimo assoluto pari a 11,2;
- nel periodo in cui in Italia erano in atto le "privatizzazioni" si nota sostanzialmente una crescita dell'intensità luminosa che, in parte è stata rallentata solo nel biennio 1996-1998;
- nel periodo successivo alla crisi delle Dot-com si nota una riduzione delle intensità luminose; tale declino ha quasi totalmente compensato il livello di crescita che è avvenuta nel periodo precedente raggiungendo nel triennio 2003-2005 un punto di minimo che coincide con il livello raggiunto nel 1995;
- dal 2004 al 2009 periodo precedente all'impatto della crisi dei mutui sub-prime in Italia si nota un trend crescente delle luci notturne abbastanza simile al trend avvenuto tra il 1997 e il 2002;
- tra il 2010 e il 2013 è presente un punto di massimo assoluto pari a 21.

Nel complesso si nota un trend crescente delle luci notturne.

Sempre a livello aggregato, si nota come la variabilità ha un andamento abbastanza simile all'andamento della luminosità media ma l'oscillazione è molto più contenuta. Il punto di minimo è stato raggiunto nel 1993 ed è stato pari a 8,6 mentre il punto di massimo è stato raggiunto nel 2012 ed è stato pari a 13. Il motivo per il quale la varianza risulta essere più contenuta è dato dal fatto che mediamente nell'orizzonte temporale considerato il 75% dei Sistemi Locali del Lavoro ha mantenuto un livello medio di intensità minore di 22.

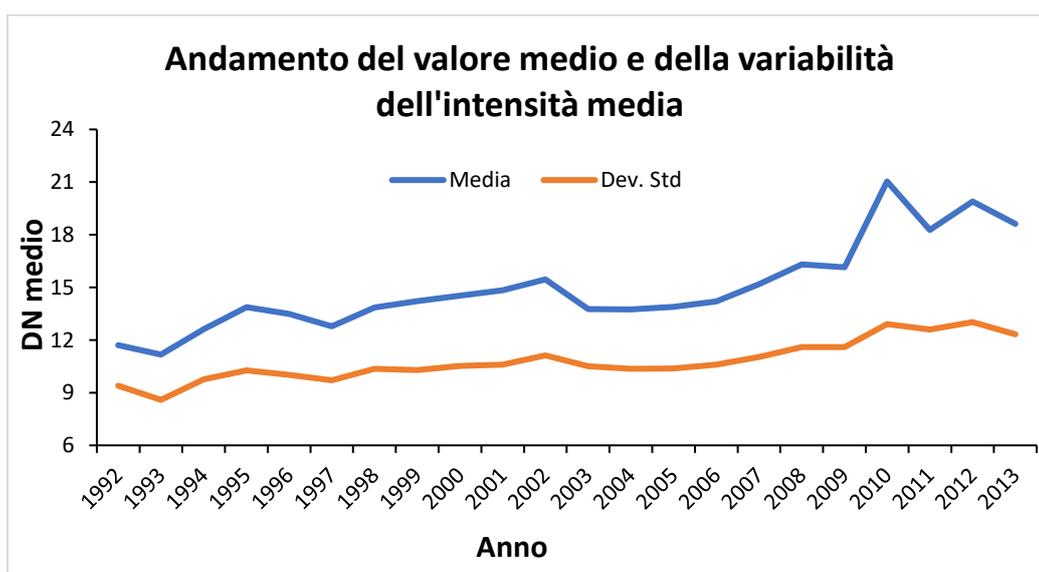


Figura 20: Andamento della media e della variabilità delle luci notturne su scala nazionale.

Un'ulteriore valutazione a livello aggregato viene fatta considerando l'andamento dei quartili per quel che riguarda l'intensità media della luminosità (Fig. 21).

Si nota come i valori di massimo siano molto distanziati dai box raffiguranti i quartili; il motivo è dato dal fatto che dal un lato, sull'orizzonte temporale considerato, ogni anno ad almeno il 50% dei SLL è stato assegnato un valore medio del DN non superiore al 15 e dall'altro, sono veramente pochi i Sistemi Locali del Lavoro che hanno mantenuto un'intensità luminosa superiore di almeno cinque volte rispetto alla media. Da ciò si evince che gran parte dei Sistemi Locali del Lavoro sono poco "luminosi". Inoltre, a sostegno dell'ipotesi appena formulata, per quel che riguarda la parte inferiore del box si nota come il primo quartile e la mediana mantengono tra loro un gap che oscilla tra 3,5 e 5 mentre tra il secondo e il terzo quartile il gap oscilla tra 7 e 12.

Nel complesso l'andamento dei percentili segue un andamento molto simile all'andamento del valore medio. Ulteriori approfondimenti sono trattati nell'Appendice C.

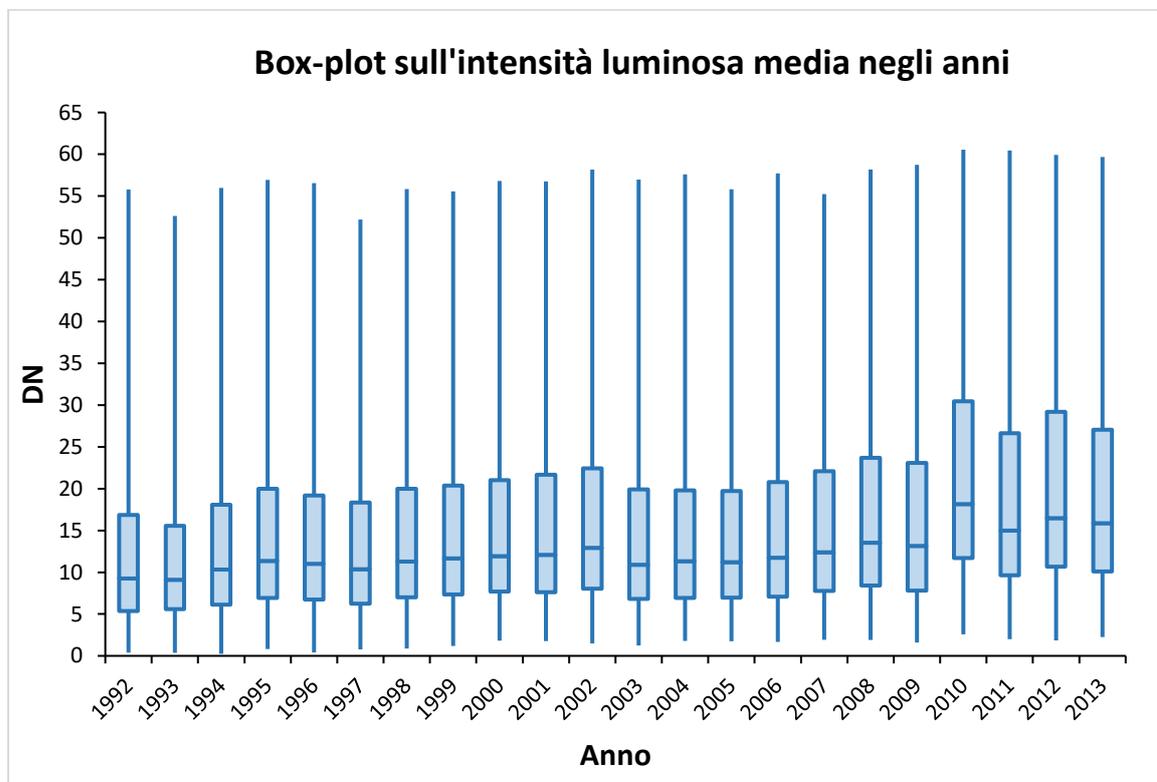


Figura 21: Andamento dei percentili delle luci notturne su scala nazionale.

### 5.2.2.2 Analisi in base alle aree geografiche

La seguente analisi si pone come obiettivo di analizzare l'andamento, in termini di luminosità, presente nelle aree geografiche suddivise in base alla nomenclatura NUTS-1<sup>42</sup>. L'analisi mette a confronto le

<sup>42</sup> La nomenclatura per le aree geografiche NUTS-1 è:

- ITC: Nord-Ovest Italia;
- ITH: Nord-Est Italia;
- ITI: Centro Italia;
- ITF: Sud Italia;
- ITG: Isole.

aree geografiche sotto tre punti di vista: un confronto relativo all'andamento del pixel più luminoso presente nelle aree considerate, un confronto relativo all'andamento del pixel meno luminoso nelle rispettive aree geografiche ed infine, un confronto relativo all'andamento dell'intensità media luminosa presente nelle medesime aree geografiche.

Per ognuno dei tre confronti, si individuano i SLL più rilevanti e si identifica, a livello aggregato per ognuna delle aree geografiche. Per quel che riguarda l'analisi a livello aggregato, prima di effettuare il confronto, per ogni Sistema Locale del Lavoro presente nelle varie aree geografiche è stato preso in considerazione il pixel più luminoso, il pixel meno luminoso e l'intensità media. Successivamente, per ognuna delle aree geografiche sono stati aggregati i dati dei SLL e sono state identificate le distribuzioni relative ai valori dei pixel più luminosi, dei pixel meno luminosi e del valore d'intensità media dei pixel.

Per quanto riguarda l'andamento dei pixel più luminosi la prima parte dell'analisi si concentra sull'andamento medio dei pixel più luminosi nelle cinque aree geografiche considerate (Fig. 22). Dall'analisi emerge che l'area Nord-Ovest (ITC) ha un andamento superiore rispetto alle restanti aree geografiche con un punto di minimo assoluto pari a 47,9 nel 1993 ed un punto di massimo assoluto pari a 59 nel 2012. All'opposto le isole (ITG) hanno un andamento inferiore rispetto alle restanti aree geografiche con un punto di minimo assoluto nel 1992 pari a 42,8 e un punto di massimo assoluto nel 2013 pari a 52,7. Invece, a parte per il biennio 1993-1995, le restanti aree geografiche mostrano un andamento abbastanza simile lungo tutto l'orizzonte temporale; in particolare, il punto di minimo assoluto è presente nel 1997 mentre il punto di massimo assoluto viene raggiunto nel 2012.

Un'ulteriore valutazione sui pixel più luminosi si focalizza sull'individuazione degli specifici SLL nelle aree geografiche. Per fare ciò, sono state poste due condizioni: la soglia minima pari a 62 e un ulteriore vincolo sull'orizzonte temporale per selezionare i Sistemi Locali del Lavoro che hanno superato tale soglia in tutto il ventennio considerato. Per quel che riguarda la zona settentrionale i SLL che hanno soddisfatto tali requisiti sono Torino, Milano, Brescia, Padova e Verona, invece per quel che riguarda il centro Italia i SLL considerati sono stati Firenze e Roma. Invece, i SLL che sono stati considerati nella zona meridionale rispettivamente per la porzione di penisola e per le isole sono Napoli, Lecce, Taranto, Cagliari, Catania e Palermo.

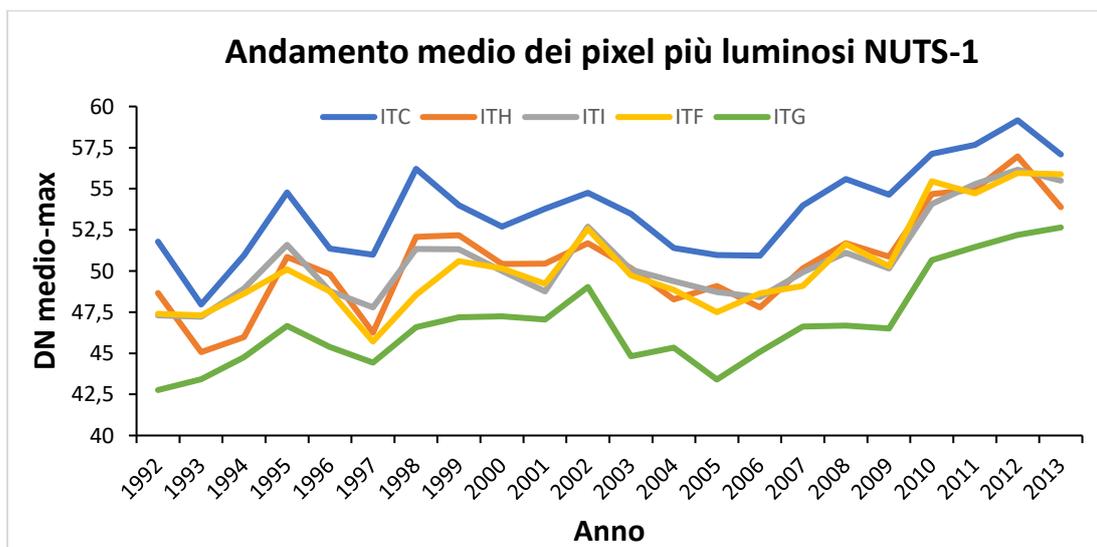


Figura 22: Andamento medio dei pixel più luminosi nelle aree geografiche del Nord-Ovest, Nord-Est, del Centro, del Sud e delle isole.

Per quel che riguarda l'andamento dei pixel meno luminosi all'interno dei SLL viene fatta una analisi aggregando i SLL in aree geografiche e analizzando l'andamento dei valori medi di minimo (Fig. 23).

Mediamente la zona settentrionale (ITC-ITH) ha avuto un andamento dei pixel meno luminosi crescente con un picco raggiunto nel 2010 pari a 4,7 per il Nord-Ovest e pari a 3,4 per il Nord-Est; inoltre, dalle analisi emerge che l'andamento medio crescente avuto dai pixel meno luminosi dei SLL del Nord Italia è nettamente superiore agli andamenti delle altre aree geografiche.

L'andamento medio dei pixel meno luminosi del Centro Italia (ITI) ha un andamento che, nonostante le oscillazioni, non manifesta nessun trend crescente e mediamente l'intensità del pixel meno luminoso si attesta intorno a 0,7.

Infine, notiamo che le isole (ITG) sono l'area geografica ad avere un andamento dell'intensità media dei pixel meno luminosi che è inferiore alle restanti aree geografiche. Un andamento simile, seppur con valori di poco superiori è stato avuto dall'andamento dell'intensità media dei pixel meno luminosi per l'area ITF.

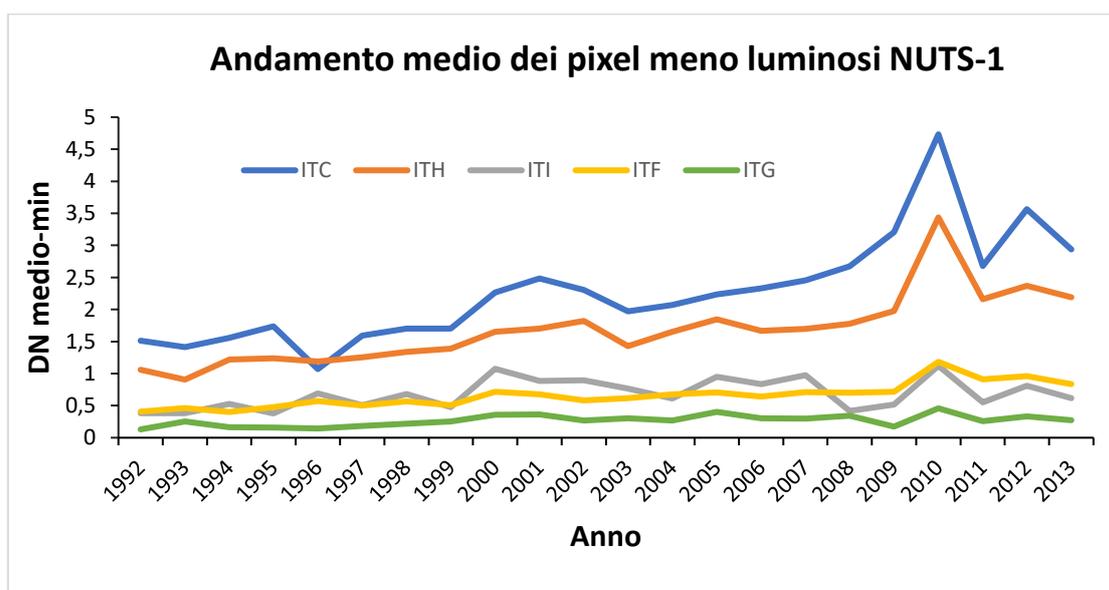


Figura 23: Andamento medio dei pixel meno luminosi nelle aree geografiche del Nord-Ovest, Nord-Est, del Centro, del Sud e delle isole.

Inoltre, nelle aree geografiche in analisi sono stati selezionati i Sistemi Locali del Lavoro che presentavano un andamento dei pixel meno luminosi superiore ad una soglia prestabilita per ogni area geografica tenendo in considerazione il livello d'intensità luminosa presente.

Fissando una soglia minima a 2 i SLL selezionati per le Isole (NUTS-1 ITG) sono Vittoria e Paternò; invece, per l'area NUTS-1 ITF i SLL con un andamento dell'intensità minima superiore sono tutti collocati nella regione Campania e, fissando una soglia minima di 12 sono stati selezionati i SLL di San Giuseppe Vesuviano, Nocera Inferiore e Pagani. Nel Centro Italia invece, fissando una soglia minima di 5,5 i Sistemi Locali del Lavoro selezionati sono Empoli, San Miniato, Montegranaro. Infine, nella zona

settentrionale fissando una soglia minima di 11, i SLL selezionati sono Busto Arsizio, Castelfranco Veneto, Cittadella, Conegliano.

Infine, considerando le medesime aree geografiche, un'ulteriore valutazione è stata fatta sull'andamento dei valori medi (Fig. 24).

Dall'analisi emerge che tutte le zone hanno un andamento, in termini di oscillazione, simile nel senso che i segmenti temporali in cui è presente una crescita o una decrescita sono gli stessi ma, ciò che le differenzia è il trend assunto. L'area settentrionale mostra un andamento superiore sia in termini di intensità media luminosa sia in termini di crescita nell'orizzonte temporale considerato.

Per quel che riguarda le restanti aree geografiche, le isole mostrano un andamento medio nell'orizzonte considerato che oltre ad essere cresciuto di meno in assoluto, è anche il meno intenso in termini di luminosità media.

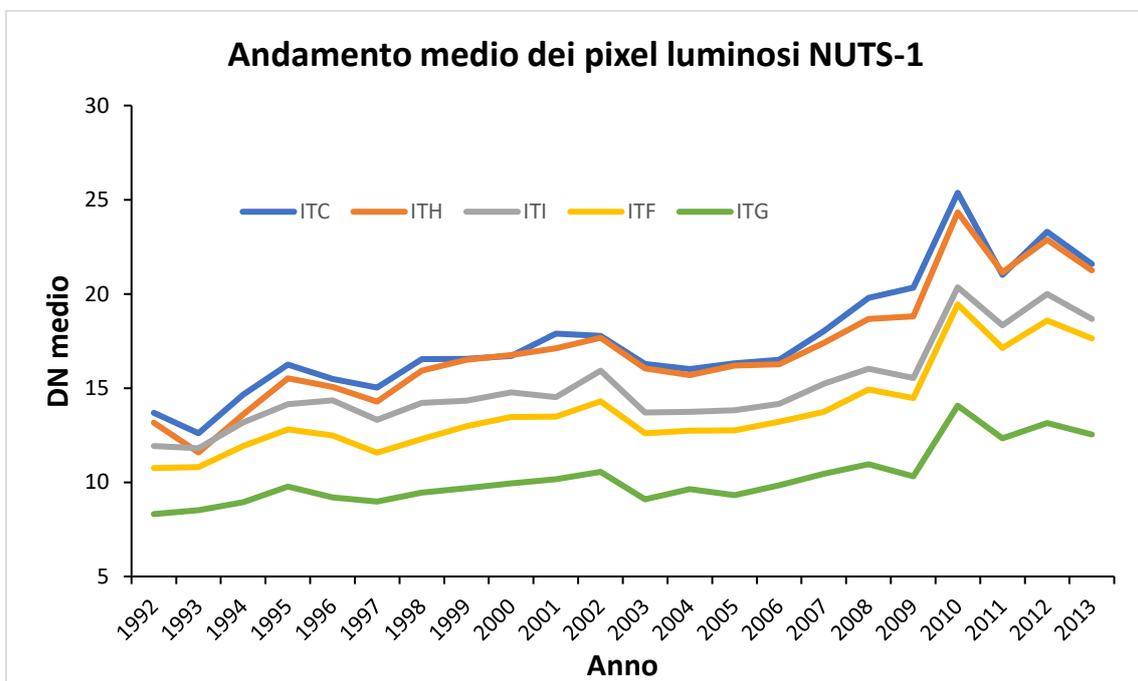


Figura 24: Andamento medio nelle aree geografiche del Nord-Ovest, Nord-Est, del Centro, del Sud e delle isole.

Infine, un'ulteriore valutazione per ciò che concerne gli andamenti dell'intensità media luminosa viene fatta selezionando i SLL nelle rispettive aree geografiche che presentavano un'intensità luminosa media superiore rispetto agli altri SLL presenti nella medesima area geografica con cui è stata inizialmente suddivisa la penisola italiana lungo tutto l'orizzonte temporale (1992-2013).

Nel settentrione, ponendo una soglia minima di 40, i SLL di Milano e Busto Arsizio hanno avuto un andamento medio in termini di luminosità superiore agli altri SLL della medesima area geografica.

Nel centro Italia, ponendo una soglia minima di 30, i SLL con un andamento medio della luminosità maggiore rispetto ai restanti SLL sono: Pomezia, Ancona e Porto sant'Elpidio.

Nel mezzogiorno, fissando una soglia minima di 43, i SLL con un andamento medio superiore rispetto ai rimanenti SLL della medesima area appartengono tutti alla regione Campania e sono i Sistemi Locali

del Lavoro di: Pagani, Napoli, Torre del Greco, San Giuseppe Vesuviano e Caserta. Invece, nelle isole, con una soglia minima pari a 25, l'unico SLL più luminoso in valori medi è Catania.

### 5.2.2.3 Suddivisione intervallare dei Sistemi locali del Lavoro

L'evoluzione che hanno avuto i SLL a livello italiano è stata monitorata anche attraverso l'aggregazione degli stessi in intervalli<sup>43</sup> definiti in base all'intensità media della luminosità. In questa analisi, prendendo in considerazione l'andamento e la struttura dei percentili (Fig. 21) vengono definiti degli intervalli per monitorare l'andamento medio dei vari intervalli lungo tutto l'orizzonte temporale (Fig. 25). Gli intervalli più rilevanti comprendono l'intensità media luminosa tra 2 e 62 e, l'andamento dei quattro intervalli compresi in tale range è molto differente.

Infatti, si nota che nell'orizzonte temporale stabilito, il numero di SLL aventi una luminosità media tra 2 e 5 è andato notevolmente diminuendo poiché da 100 SLL, presenti in tale intervallo nel 1992, sono divenuti meno di 20 nel 2013; inoltre, solo nel periodo successivo alla crisi delle Dot-com e nel pieno della crisi del 2008 questo andamento è stato leggermente rallentato. Invece, per quel che riguarda l'andamento della frequenza assoluta nell'intervallo successivo (5-10), si nota un andamento costante dal 1992 al 2007 con delle oscillazioni molto contenute e successivamente, si nota una decrescita molto pronunciata con una riduzione di tale frequenza di quasi 80 SLL nel 2010.

Sempre dal 1992 al 2007, l'andamento della frequenza assoluta dell'intervallo con estremi i valori di 10 e di 20 mostra un andamento abbastanza stazionario con delle oscillazioni del 5% rispetto al valore medio; invece, negli anni successivi l'andamento ha avuto una crescita complessiva del 29% rispetto al valore medio.

L'ultimo intervallo considerato con un range tra 20 e 62 ha avuto un andamento crescente. Questo andamento è possibile suddividerlo in due parti: dal 1993 al 2002 e dal 2005 al 2010. Nella prima parte la frequenza assoluta è aumentata da 90 a 175 mentre, nella seconda parte il numero di SLL inclusi in tale intervallo è passato da 150 a 275.

Nell'Appendice C è stata definita un'apposita tabella che quantifica la frequenza relativa dei vari intervalli.

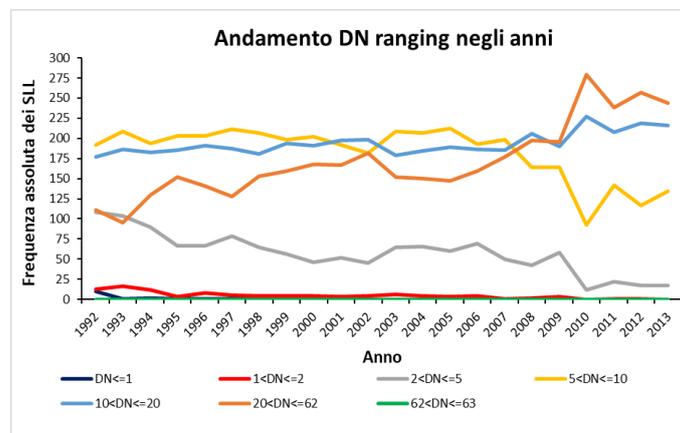


Figura 25: Andamento della variabilità del numero digitale nell'intervallo di tempo 1992-2013.

<sup>43</sup> Gli intervalli sono stati definiti tenendo in considerazione la distribuzione dei valori medi nel corso dell'intervallo temporale definito.

### 5.3 Confronto fra i dati delle luci notturne e i dati socioeconomici

Nel seguente paragrafo vengono espresse delle considerazioni in merito al confronto fra i dati delle luci notturne e i dati sulla densità della popolazione e i dati macroeconomici del contesto italiano.

Una prima valutazione riguarda il confronto tra l'andamento della densità della popolazione e l'andamento dell'intensità luminosa. Il censimento eseguito dall'Istat è su base decennale ed è stato considerato l'orizzonte temporale che va dal 1991 al 2011 e, come partizionamento della superficie sono considerate le aree delineate dai Sistemi Locali del Lavoro del 2011 con il quale sono stati precedentemente partizionati i dati relativi all'intensità luminosa.

Mentre, una seconda comparazione è stata fatta tra l'andamento del Prodotto Interno Lordo del Paese e l'andamento medio delle luci luminose.

Per il computo della densità della popolazione, è stata fatta l'assunzione che la suddivisione del territorio della penisola italiana in Sistemi Locali del lavoro sia la stessa sia in termini di numerosità dei SLL sia in termini di estensione degli stessi. Questa assunzione permette di fare un confronto inter-annuale tra i SLL in modo da monitorare la densità demografica trascurando le variazioni accorse nel tempo.

Una prima valutazione viene svolta scomponendo la penisola italiana in base alle aree geografiche NUTS-1 (Fig.26). Per il computo, è stato fatto il rapporto fra la popolazione e la superficie dell'area geografica di appartenenza. Le aree più dense in termini di popolazione sono risultate essere le aree di Nord-Ovest e Centro. L'area Nord-Ovest ha avuto un andamento crescente dal 1991 in cui la densità era di circa 255 abitanti/km<sup>2</sup> al 2011 in densità era di circa 270 abitanti/km<sup>2</sup>. Un andamento abbastanza simile lo ha avuto il Centro Italia passando da 258 abitanti/km<sup>2</sup> nel 1991 a 276 abitanti/km<sup>2</sup> nel 2011 che è anche risultata essere l'area più cresciuta in termini di densità. Inoltre, anche il Nord-Est, seppur partendo da 162 abitanti/km<sup>2</sup> ha avuto una crescita di un ulteriore 17 abitanti/km<sup>2</sup> nel 2011. Il Sud e le isole hanno avuto un andamento abbastanza costante con una crescita di 1 abitanti/km<sup>2</sup>.

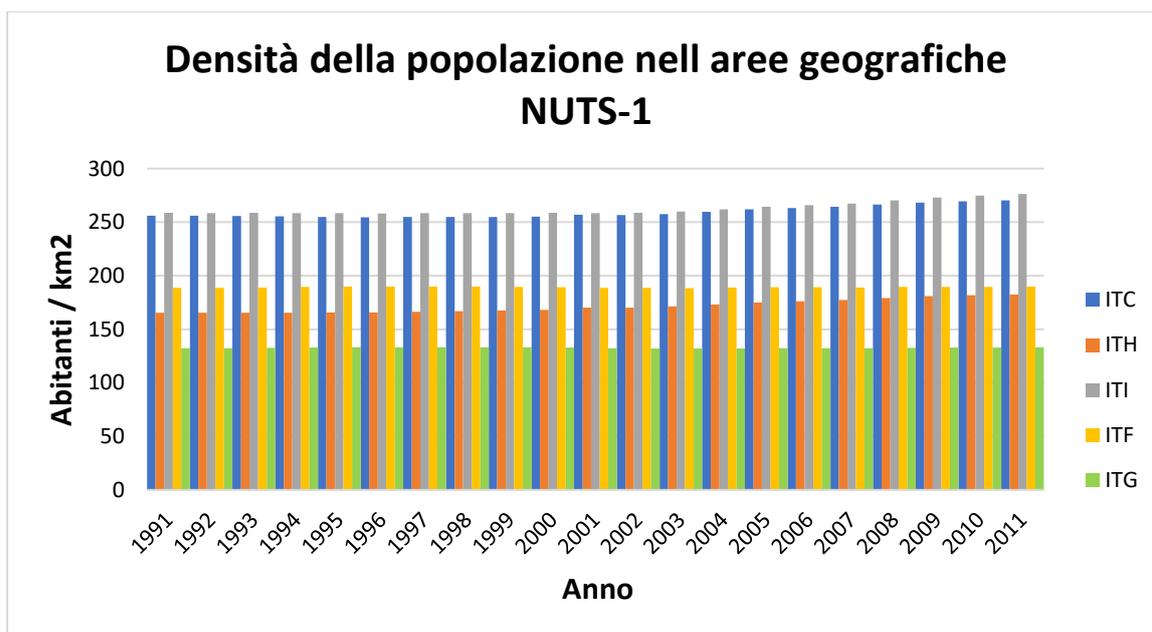


Figura 26: Densità della popolazione delle aree geografiche Nord-Ovest (ITC), Nord-Est (ITH), centro (ITI), Sud (ITF) e Isole (ITG).

Un'ulteriore valutazione considera il quantitativo di residenti nei SLL del 2011 (Fig. 27). Dai dati si nota come in tutto l'orizzonte temporale il 46% dei SLL ha mantenuto una numerosità di residenti compresa tra i diecimila e i cinquantamila; inoltre, solo il 2% dei SLL ha avuto una dimensione superiore ai cinquecentomila abitanti e, naturalmente questi SLL sono risultati anche essere i più grandi fra i cui i SLL di Roma, Milano, Napoli e Torino.

Inoltre, analizzando l'orizzonte temporale si nota una decrescita nella frequenza assoluta nell'intervallo associato a tutti i SLL aventi una numerosità della popolazione compresa tra diecimila e cinquantamila; invece, si nota una crescita negli intervalli in cui i SLL hanno una popolazione compresa fra cinquantamila e cinquecentomila abitanti.

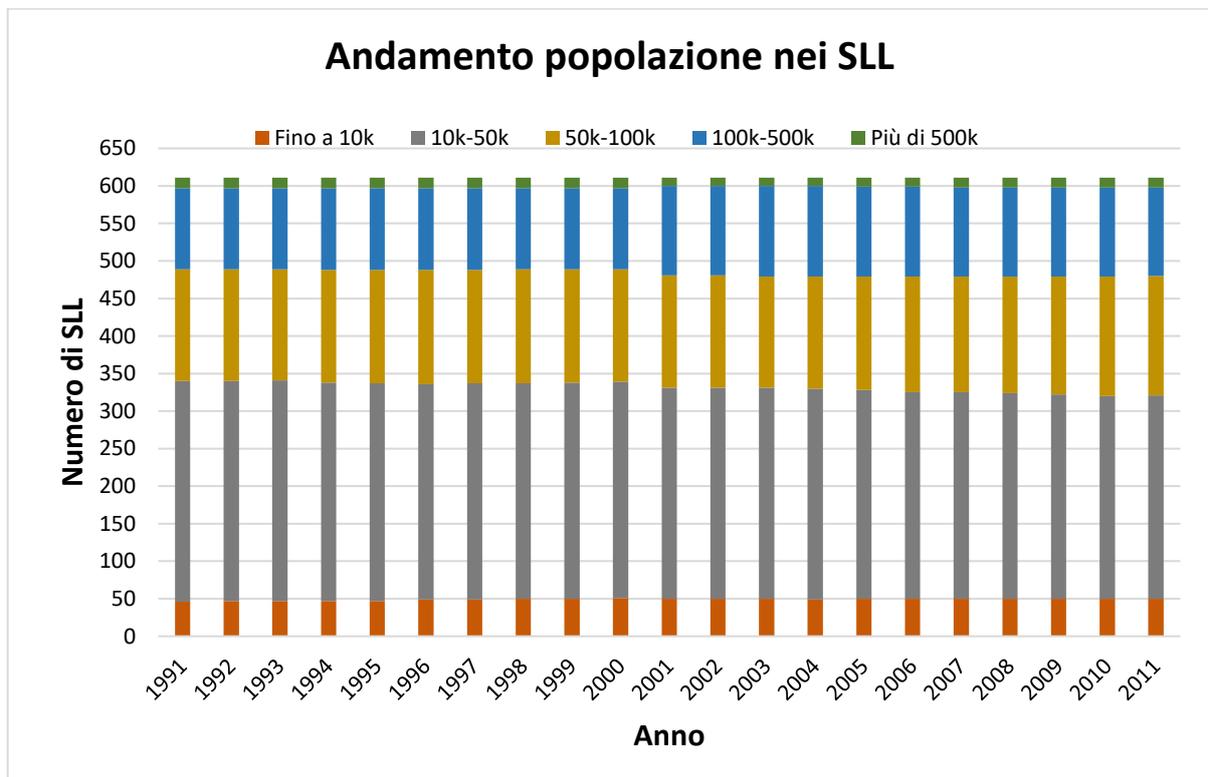


Figura 27: Andamento degli intervalli contenenti i SLL suddivisi in base alla numerosità della popolazione tra il 1991 e il 2011.

Nel complesso la popolazione è passata dall'essere pari a circa 187,76 abitanti/km<sup>2</sup> presente nel 1991 a circa 196,35 abitanti/km<sup>2</sup> presente nel 2011; questo andamento può essere scomposto in due fasi: dal 1991 al 1999 la densità della popolazione è cresciuta solo di 0,44 abitanti/km<sup>2</sup>, invece dal 2002 al 2011 la popolazione ha avuto un tasso di crescita media annua complessiva dello 35% rispetto al 1999 (Fig. 28).

Inoltre, considerando che le aree associate ai SLL più luminosi sono risultate essere anche le più dense in termini di popolazione sembrerebbe esserci una potenziale correlazione tra la densità di popolazione e l'intensità luminosa. Infatti, secondo i dati luminosi i SLL più luminosi risultano essere Napoli, Milano, Pagani e Torre del Greco mentre invece, i SLL più densi risultano essere Castellammare di Stabia, Milano, Napoli, Torre del Greco con almeno 1900 abitanti per km<sup>2</sup>.

Ulteriori approfondimenti sono stati definiti nell'Appendice D.



Figura 28: Andamento della densità della popolazione dal 1991 al 2011.

Un'ulteriore valutazione è stata svolta tra l'intensità luminosa e il PIL a livello aggregato (Fig. 29). Dai dati della Banca Mondiale si nota come l'andamento del PIL si può suddividere in tre fasi. Durante la prima fase, dal 1992 al 2002, l'andamento del PIL è stato oggetto di fasi di contrazione alternate a fasi di ripresa che hanno arginato tale contrazione senza mai superarla. Infatti, dal 1991 al 1993 l'andamento è stato decrescente con il raggiungimento del punto di minimo assoluto nel 1993 pari a 1,066 migliaia di miliardi di dollari e, nel triennio successivo tale contrazione è stata recuperata. Dal 1996 al 2001 si è manifestato nuovamente un trend decrescente con un punto di minimo nel 2001 coincidente con il livello del 1995. La seconda fase va dal 2002 al 2008, durante tale periodo il PIL ha avuto un andamento crescente con una crescita media annua del 43% con il raggiungimento del punto di massimo assoluto nel 2008 pari a 2,399 migliaia di miliardi di euro. Nell'ultima fase, dal 2008 al 2013, l'andamento è stato nel complesso decrescente.

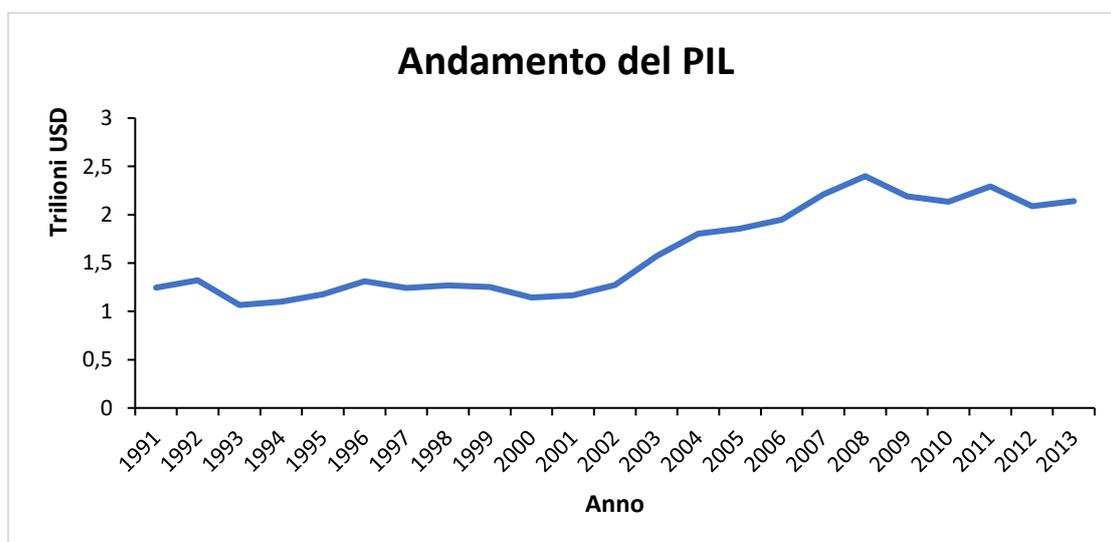


Figura 29: Andamento del PIL dal 1991 al 2011.

Confrontando l'andamento del PIL con l'andamento dell'intensità media luminosa sembra emergere una significativa correlazione positiva tra le due variabili (Fig. 30), ancorché il numero limitato di osservazioni non consenta di trarre conclusioni statisticamente robuste.

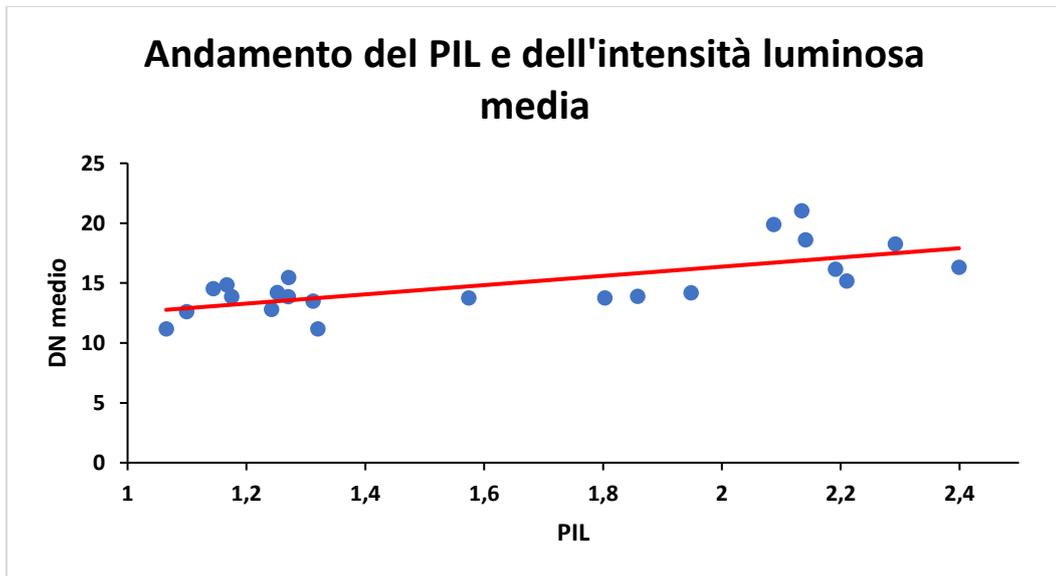


Figura 30: Andamento del PIL e dell'intensità media luminosa dal 1992 al 2013.

## 5.4 Conclusioni

Dopo aver definito ed approfondito alcune statistiche sulle fonti luminose, un ulteriore confronto viene fatto mettendo in relazione i dati delle luci notturne i dati socioeconomici lungo l'orizzonte temporale considerato. Lo scopo è di comprendere perché i vari Sistemi Locali del Lavoro, secondo i dati dell'intensità luminosa, hanno avuto un determinato andamento sia considerando le statistiche su scala locale sia considerando le statistiche su scala nazionale.

Da un lato sorge il dubbio che i SLL più grandi e intensi abbiano, tramite il fenomeno della sfocatura, influenzato l'intensità luminosa dei Sistemi Locali del Lavoro limitrofi al punto da sovradimensionarne l'effettiva intensità luminosa. Dall'altro, dato l'andamento seguito lungo l'orizzonte temporale, si mira a comprendere se tale andamento può essere correlato a determinate variabili come la densità della popolazione e/o la densità dell'attività economica.

Confrontando i vari Sistemi Locali del lavoro tra loro emerge che secondo l'Istat i sistemi locali più densi in termini di posti lavoro sono Napoli, Roma, Milano e Torino; in contrapposizione, secondo i dati delle fonti luminose, i SLL che hanno mantenuto negli anni un'intensità media luminosa superiore al resto sono Milano, Napoli, Torre del Greco e Pagani. Inoltre, mediante delle analisi in merito all'intensità del pixel meno luminoso, del pixel più luminoso, della luminosità media si è constatato che i SLL più influenti sono collocati in Campania, in particolare i SLL limitrofi al SLL di Napoli, e che la maggior parte dei SLL che hanno avuto una crescita significativa in termini di intensità media luminosa appartengono al Veneto.

Un'ulteriore valutazione a livello aggregato mostra che sull'orizzonte temporale considerato ogni anno al 75% dei SLL è stato assegnato un valore medio del DN non superiore al 22 e ciò implica che la penisola non è stata molto "luminosa", in aggiunta, almeno il 50% dei Sistemi Locali del Lavoro ha un DN minore di 15 per cui la variabilità è stata molto contenuta. Nonostante ciò, il trend avuto dai valori medi, massimi e minimi è stato crescente e tale responso emerge nel momento in cui i SLL vengono aggregati in intervalli predefiniti.

Dalla suddivisione della penisola in aree geografiche è emerso che il Nord Italia ha avuto un andamento medio dei massimi, dei minimi e della media superiore sia in termini di intensità e sia in termini di crescita rispetto alle altre zone dell'Italia. Allo stesso tempo, dalla suddivisione in aree geografiche si nota come la Lombardia, il Veneto, la Puglia e la Campania siano le regioni contenenti i SLL più luminosi nel contesto italiano.

A livello grafico, facendo un confronto inter-annuale si nota una crescita dell'intensità luminosa lungo la costa adriatica e la zona Nord-Occidentale. La catena appenninica e le isole hanno mantenuto sostanzialmente la medesima luminosità negli anni (Fig. 31, 32)<sup>44</sup>.

Nell'Appendice B vengono definite le rappresentazioni della penisola su tutto l'orizzonte temporale.

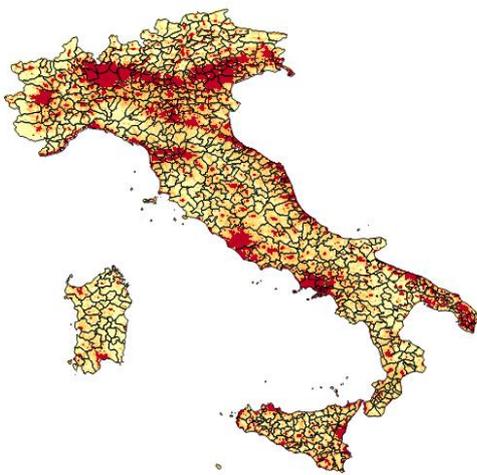


Figura 31: Italia 1992.

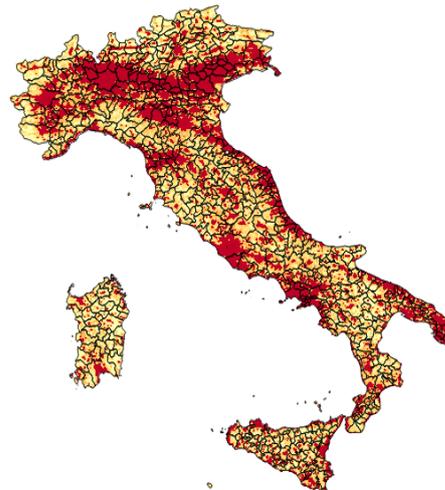


Figura 32: Italia 2013.

A conclusione del capitolo è stata fatta una valutazione comparando l'andamento medio della luminosità con l'andamento della numerosità della popolazione e con l'andamento del PIL.

---

<sup>44</sup> La scala di colore adottata è stata definita considerando i medesimi intervalli utilizzati in Figura 17. Le scala di colore adottata associa il colore rosso alle zone più luminose e gradualmente assegna un colore tendente al giallo alle zone meno luminose.

Per quanto riguarda il confronto tra la popolazione e l'intensità media luminosa di evince che a livello aggregato sembra esserci una possibile correlazione poiché le aree maggiormente cresciute in termini di intensità di popolazione come il Nord Italia e in parte il Centro Italia sembrano coincidere con le medesime definite dai dati dell'intensità luminosa (Fig. 31, 32 e Appendice B). Sempre a livello aggregato, si nota una possibile correlazione tra l'andamento del PIL e dell'intensità luminosa.

## 6 Analisi econometrica

Il seguente capitolo tratta a livello quantitativo la questione per la quale è stato composto questo testo ossia, verificare la possibilità di utilizzare i dati provenienti dalle immagini satellitari notturne come strumento di supporto per stimare l'attività economica dell'Italia. Come definito nel terzo capitolo, numerosi studi sono stati affrontati sul tema e, ognuno di essi ha tratto le proprie conclusioni circa la qualità dei dati e l'efficienza degli stessi per monitorare l'attività economica in specifici territori. Pertanto, nel seguente capitolo viene eseguita un'analisi econometrica per quantificare la precisione con il quale i dati sulle luci notturne possono definire l'attività economica in Italia nel 2001 e nel 2011.

Prima di procedere con il capitolo si rende necessario fare alcune osservazioni in modo da rendere maggiormente comprensibili le analisi che vengono definite.

Una prima considerazione riguarda la scelta della direzione da intraprendere; a differenza dell'analisi di Henderson et. al (2018) sull'evoluzione dell'attività economica nei Paesi in via di sviluppo e nei Paesi sviluppati la quale si concentrava sulle attività rurali e sulle attività commerciali, il seguente testo si concentra sui settori secondario e terziario. Infatti, oltre a comprendere se i dati provenienti dalle fonti luminose possano essere considerati un valido strumento per definire l'attività economica, l'obiettivo è comprendere se le luci notturne siano un mezzo più efficace a determinare le attività inerenti al settore secondario e/o inerenti al settore terziario.

Un'ulteriore considerazione riguarda il tipo di variabili che rappresentano l'attività economica; poiché i dati sulle fonti luminose rappresentano l'intensità media della luminosità all'interno dei vari Sistemi Locali del Lavoro, per rappresentare l'attività economica sono state considerate delle variabili che rappresentano la densità della stessa nei vari Sistemi Locali del Lavoro.

Infine, un'ultima considerazione riguarda la variabile associata alla densità di popolazione. Per quel che riguarda i dati raccolti è stato eseguito un rapporto fra il numero di abitanti presenti nello specifico Sistema Locale del Lavoro e l'area dello stesso; pertanto, poiché la popolazione in ogni SLL è quantificabile con valori aventi dai tre ai sei ordini di grandezza, la variabile che approssima la densità di popolazione ha un range di valori che può acquisire, che sono in gran parte dei casi, compresi tra zero e uno.

Per poter eseguire il confronto sono esplorati due punti di vista: da un lato vengono considerati il settore secondario e il settore terziario e dall'altro vengono considerati i singoli segmenti che compongono gli specifici settori. Per quest'ultima distinzione sono stati considerati i segmenti delineati dall'Istat con l'acronimo Ateco 2007-1 digit. Inoltre, per ognuna delle distinzioni sono state considerate due differenti variabili per descrivere l'attività economica: la densità di addetti per km<sup>2</sup> e la densità di imprese per km<sup>2</sup>.

Al fine di rendere l'analisi più chiara possibile, il seguente capitolo si articola in tre parti. Nella prima parte vengono definite le analisi univariate mettendo a confronto l'intensità media luminosa con la densità dell'attività economica presente nel 2001. Inoltre, vengono rappresentate le statistiche descrittive di tutte le variabili considerate e le intensità di correlazione tra le variabili considerate; infine, viene descritta l'equazione econometrica rappresentativa del modello e l'esito dell'analisi econometrica con delle considerazioni sugli esiti per comprenderne il valore di questa informazione. Nella seconda parte vengono definite le analisi univariate mettendo a confronto l'intensità media luminosa con la densità dell'attività economica presente nel 2011 seguite poi dalle statistiche

descrittive di tutte le variabili considerate e le intensità di correlazione tra le variabili considerate. Infine, viene descritta l'equazione econometrica rappresentativa del modello e l'esito dell'analisi econometrica con delle considerazioni sugli esiti per comprenderne il valore di questa informazione. Sulla base dei risultati conseguiti, nella terza parte vengono fatte delle considerazioni a riguardo.

## 6.1 Analisi dei Sistemi Locali del Lavoro nel 2001

La seguente sezione si concentra sull'andamento dell'attività economica relativa al 2001. Inoltre, il seguente paragrafo si articola in quattro parti. Nella prima parte viene fatta un'analisi in merito alla densità della popolazione e al grado di significatività della correlazione fra la stessa e l'intensità media luminosa. Nella seconda parte viene definita la statistica descrittiva e il modello econometrico adottato utilizzando come variabile economica la densità di imprese. Nella terza parte vengono definite le medesime analisi presenti nella seconda parte con l'unica differenza che nella seguente parte come variabile economica viene adottata la densità di addetti. Nell'ultima parte vengono fatte delle valutazioni in merito al confronto tra le stesse.

### 6.1.1 Densità di popolazione

Tra le variabili considerate si considera la variabile relativa alla densità della popolazione (Fig. 33). Si nota come gran parte dei punti è collocata nella parte iniziale ossia nell'area in cui si ha bassa densità di popolazione e bassa intensità luminosa; in particolare, nell'intervallo che va da 0 a 25 per quel che riguarda l'intensità luminosa e nell'intervallo che va da 0 a 200 mila abitanti per km<sup>2</sup> per quel che riguarda la densità di popolazione. Ciò riflette il fatto che nel 2001 gran parte dei Sistemi Locali del Lavoro hanno una bassa densità di popolazione ed allo stesso tempo una bassa intensità di illuminazione.

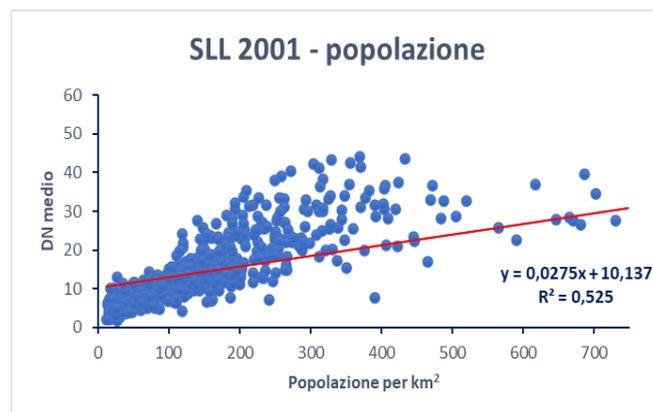


Figura 33: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e la popolazione per km<sup>2</sup>

Inoltre, dalle analisi emerge una correlazione positiva non trascurabile tra la densità di popolazione e l'intensità media luminosa. Infatti, la funzione che approssima la distribuzione dei punti risulta avere una pendenza pari a 0,0275. Per quel che riguarda la bontà di adattamento si ha un R<sup>2</sup> corretto pari a

0,525 ed un errore standard SER pari a 7,293. Inoltre, dall'analisi econometrica emerge un p-value pari a zero per cui la variabile è sempre statisticamente significativa.

## 6.1.2 Densità di imprese

Nel seguente paragrafo si considerano le variabili associate alla densità di imprese e, si considerano parallelamente due modelli, il primo si riferisce ai settori secondario e terziario a livello aggregato mentre nel secondo si considerano le variabili associate ai singoli settori dell'industria e dei servizi per analizzare gli effetti marginali dei singoli settori dell'industria e dei servizi. Per quel che riguarda l'organizzazione del seguente paragrafo, si ha una suddivisione in tre parti. Nella prima parte viene affrontata una parte dedicata alle statistiche univariate nel quale si confrontano le singole variabili con l'intensità luminosa. Nella seconda parte vengono esposte le statistiche descrittive delle variabili e la correlazione nel confronto a coppie tra le stesse. Nella terza parte vengono definiti i modelli econometrici considerati per ambedue le tipologie di analisi.

### 6.1.2.1 Analisi univariate

Nel seguente paragrafo si considerano le variabili associate alla densità di imprese. Nella prima parte vengono prese in considerazione le analisi univariate tra l'intensità luminosa e le variabili rappresentative del settore secondario e del settore terziario (Fig. 34 e 35). Mettendo a confronto la distribuzione dei punti, in correlazione con l'intensità luminosa, rispettivamente del settore secondario e del settore terziario si nota che in termini di densità di imprese il settore terziario è maggiormente presente nel territorio italiano; tuttavia, analizzando la correlazione con l'intensità luminosa si nota come il settore secondario ha una correlazione più significativa con l'intensità luminosa. In generale ambedue le distribuzioni sembrano avere una correlazione positiva con l'intensità luminosa; inoltre, andando a definire la funzione che approssima le rispettive distribuzioni dei punti si nota che la funzione che approssima la distribuzione dei punti tra l'intensità luminosa e il settore secondario ha una pendenza maggiore ed un  $R^2$  corretto pari a 0,732. Invece, alla funzione che approssima la distribuzione dei punti tra il settore terziario e l'intensità luminosa corrisponde un  $R^2$  corretto pari a 0,597.

Infine, per quel che riguarda la distribuzione dei punti, si nota in entrambi i casi si un addensamento dei punti nella zona in cui è presente una bassa intensità luminosa e una bassa densità di imprese.

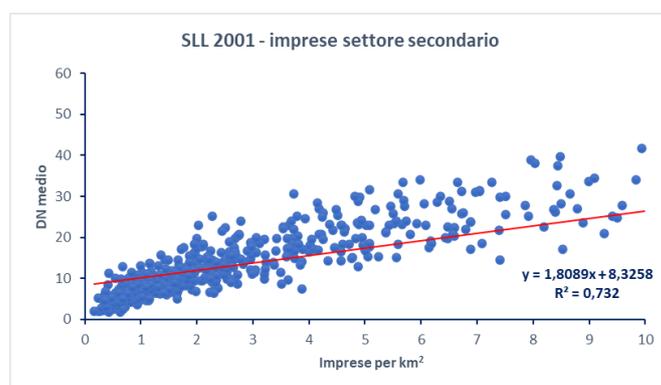


Figura 34: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore secondario.

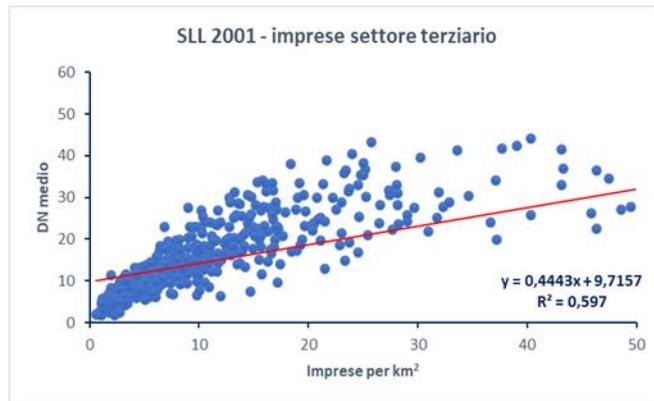


Figura 35: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore terziario.

Successivamente, considerando le variabili che approssimano i settori più rappresentativi del settore secondario e del settore terziario vengono presi in considerazione i settori più significativi.

Per quel che riguarda il settore dell'industria, il settore maggiormente rappresentativo è il settore manifatturiero (Fig. 36). Tale settore insieme al settore delle costruzioni è il settore maggiormente presente nel contesto italiano; inoltre, analizzando la distribuzione dei punti si nota che la funzione che approssima la correlazione tra la variabile associata all'intensità luminosa e la variabile associata alla densità di imprese ha un  $R^2$  corretto pari a 0,669. Una condizione analoga è presente anche nella correlazione tra l'intensità luminosa e il settore delle costruzioni. Dal confronto con i restanti settori appartenenti al settore secondario si nota come il settore della fornitura dell'energia elettrica e il settore della gestione dei rifiuti hanno una correlazione più significativa con l'intensità luminosa anche se la presenza di tali settori nel contesto italiano è poco significativa rispetto al settore delle costruzioni e il settore della manifattura. Per quel che riguarda le rispettive distribuzioni dei punti che mettono in correlazione i rispettivi settori con l'intensità luminosa si nota che la funzione che approssima la correlazione tra la densità di imprese appartenenti al settore della gestione dei rifiuti ha un  $R^2$  corretto pari a 0,533 mentre, la funzione che approssima la correlazione tra la densità di imprese appartenenti al settore della fornitura di energia ha un  $R^2$  corretto pari a 0,122.

Invece, per quel che riguarda i settori appartenenti al settore terziario sono stati presi in considerazione il settore del commercio (Fig. 37), il settore della ristorazione (Fig. 38), il settore dell'istruzione (Fig. 39) e il settore della sanità (Fig. 40). Il settore del commercio e il settore della ristorazione sono i settori maggiormente presenti nel territorio italiano. Tutti i settori considerati sembrano avere una correlazione significativa con l'intensità luminosa e, ciò si riflette anche andando a considerare la funzione che approssima la distribuzione dei punti. Il settore della ristorazione è il settore che ha una correlazione con l'intensità luminosa tale che alla funzione che approssima tale distribuzione dei punti è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,287; inoltre tale funzione risulta essere meno efficiente rispetto alla rispettiva funzione che approssima la correlazione tra la densità degli addetti e l'intensità luminosa. All'opposto il settore dell'istruzione, del commercio e delle attività bancarie e assicurative hanno una distribuzione dei punti più definita e ciò si nota anche dal fatto che alla funzione, che approssima tale distribuzione di punti, corrisponde un  $R^2$  corretto almeno pari a 0,587.

Ulteriori approfondimenti sono presenti nell'Appendice E e F.

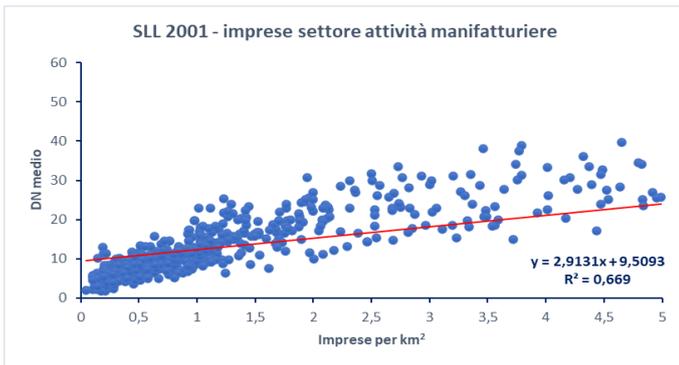


Figura 36: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore manifatturiero.



Figura 37: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore del commercio.

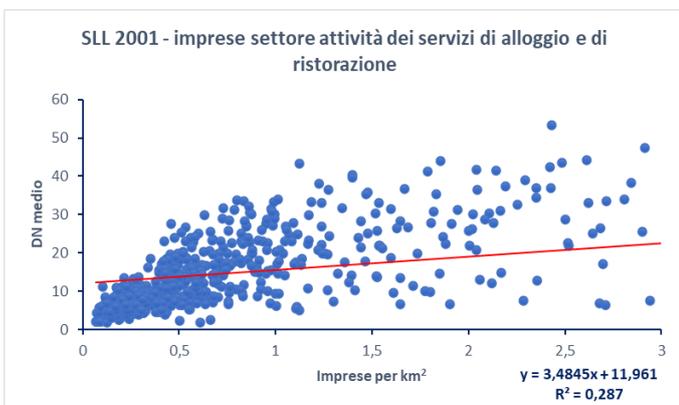


Figura 38: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della ristorazione.

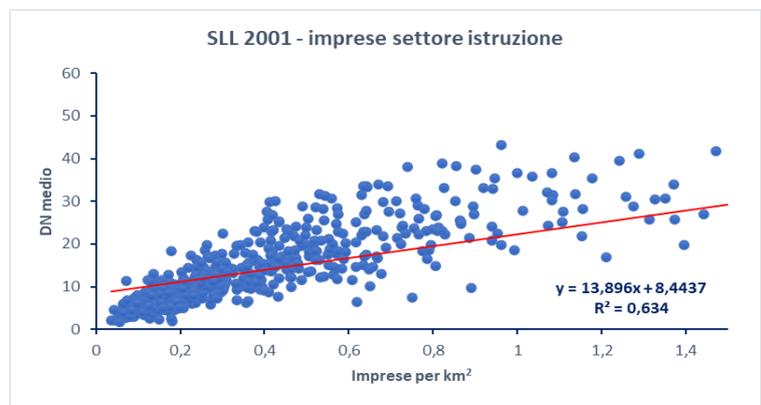


Figura 39: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore dell'istruzione.

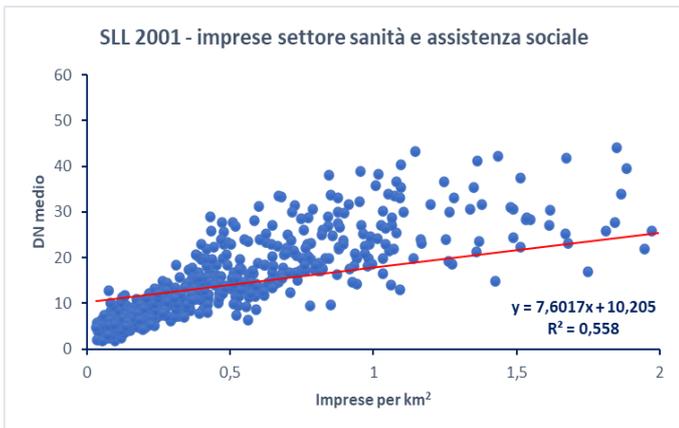


Figura 40: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della sanità.

### 6.1.2.2 Statistiche descrittive e correlazioni fra variabili

Nella prima parte del seguente paragrafo vengono definite le statistiche descrittive associate alle variabili che rappresentano le due tipologie di analisi che mettono in correlazione la densità di aziende con l'intensità luminosa. Nella seconda parte vengono definite le correlazioni presenti.

Per quel che riguarda le statistiche descrittive vengono prima analizzate le variabili associate ai settori in aggregato e poi vengono analizzate le variabili associate ai settori più rappresentativi dell'industria e dei servizi.

Dalle variabili associate alla densità di imprese in aggregato (Tab. 1) si nota che mediamente, in ogni Sistema Locale del Lavoro, il numero di imprese dei servizi è quasi cinque volte superiore rispetto al numero di imprese dell'industria. Dai dati emerge inoltre una variabilità significativa e ciò conferma l'esistenza di eterogeneità tra i Sistemi Locali del Lavoro sia in termini di densità di aziende sia in termini di densità di popolazione. Infine, si nota un gap significativo tra il valore massimo e il valore di minimo di ogni variabile e, allo stesso tempo, si nota come il valore mediano è sbilanciato verso il valore di minimo e ciò implica che la maggior parte dei SLL è caratterizzato da una bassa densità di popolazione ed una bassa densità di imprese.

| Variables                      | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min   |
|--------------------------------|-------|--------|--------|----------|---------|-------|
| Intensità luminosa (DN)        | 611   | 14,76  | 12,06  | 10,60    | 56,76   | 1,77  |
| Densità della popolazione (DP) | 611   | 188,62 | 121,04 | 278,46   | 3096,30 | 12,86 |
| Settore secondario (SS)        | 611   | 3,82   | 2,17   | 5,01     | 42,38   | 0,16  |
| Settore terziario (ST)         | 611   | 13,37  | 7,20   | 18,39    | 182,02  | 0,59  |

Tabella 1: Statistiche descrittive relative alla densità di imprese appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Per i settori relativi all'industria (Tab. 2) sono considerati il settore della manifattura (C), il settore della fornitura di energia (D), il settore della gestione dei rifiuti (E) ed il settore delle costruzioni (F); tra questi, i settori più rappresentativi risultano essere il settore delle costruzioni e il settore della manifattura. Per entrambi i settori la variabile associata alla densità di imprese assume valori abbastanza simili sia per quel che riguarda la variabilità e sia per quel che riguarda la mediana. Per i restanti settori, ovvero il settore dell'energia e il settore della gestione dei rifiuti si nota come entrambi gli indicatori di tendenza centrale, ossia la media e la mediana, assumono valori molto simili e quasi trascurabili rispetto ai settori della manifattura e delle costruzioni. Infine, ciò che si nota per tutti i settori dell'industria è la prossimità del valore medio e del valore mediano al valore di minimo e ciò implica che almeno il 50% dei Sistemi Locali del Lavoro è presente una bassa densità di imprese del settore secondario.

Invece, per quel che riguarda il settore terziario sono stati considerati il settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio (G), il settore del trasporto (H), il settore della ristorazione e degli alloggi (I), settore delle comunicazioni (J), il settore della finanza (K), il settore dei servizi immobiliari (L), il settore delle attività scientifiche (M), il settore delle agenzie di supporto alle imprese (N), il settore dell'istruzione (P), il settore della sanità (Q), il settore delle attività sportive e dell'intrattenimento (R) ed altri settori di minore rilevanza (S). Tra i singoli settori, il settore del commercio è il settore più presente nel 2001 ed il numero di imprese associate a tale settore è mediamente almeno il doppio rispetto al numero medio di imprese associate ai restanti settori. All'opposto, il settore meno presente in termini di numerosità è il settore delle attività finanziarie e assicurative. Infine, andando a considerare i valori di massimo e di minimo si nota la presenza di un distacco notevole per ognuno dei settori e che sia il valore medio che il valore mediano sono molto vicini al valore di minimo.

In termini di variabilità, ogni settore in ogni SLL è presente in numerosità differente rispetto agli altri SLL.

| Variables  | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min   |
|--|-------|--------|--------|----------|---------|-------|
| Intensità luminosa (DN)  | 611   | 14,76  | 12,06  | 10,60    | 56,76   | 1,77  |
| Densità della popolazione (DP)   | 611   | 188,62 | 121,04 | 278,46   | 3096,30 | 12,86 |
| Attività manifatturiere (C)  | 611   | 1,92   | 1,02   | 2,97     | 23,04   | 0,04  |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 611   | 0,01   | 0,01   | 0,03     | 0,55    | 0     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 611   | 0,07   | 0,04   | 0,09     | 0,95    | 0     |
| Costruzioni (F)  | 611   | 1,81   | 1,07   | 2,13     | 18,59   | 0,11  |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 611   | 4,35   | 2,59   | 6,74     | 65,31   | 0,23  |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 611   | 0,79   | 0,38   | 1,13     | 13,83   | 0,05  |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 611   | 0,87   | 0,56   | 1,64     | 17,27   | 0,07  |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 611   | 0,53   | 0,16   | 0,83     | 13,97   | 0     |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 611   | 0,39   | 0,18   | 0,51     | 5,65    | 0,01  |
| Attività immobiliari (L)   | 611   | 0,50   | 0,11   | 0,86     | 12,80   | 0,00  |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 611   | 2,30   | 1,06   | 3,11     | 38,63   | 0,04  |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 611   | 0,60   | 0,26   | 0,86     | 11,53   | 0     |
| Istruzione (P)   | 611   | 0,51   | 0,30   | 0,61     | 5,48    | 0,04  |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 611   | 0,76   | 0,38   | 1,04     | 10,10   | 0,03  |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 611   | 0,58   | 0,35   | 0,83     | 9,36    | 0,03  |
| Altre attività di servizi (S)  | 611   | 1,19   | 0,67   | 1,46     | 13,09   | 0,03  |

Tabella 2: Statistiche descrittive relative alla densità di imprese appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

Per quel che riguarda le variabili associate alla densità di imprese, un'ulteriore analisi si concentra sull'intensità di correlazione. Dalle variabili che definiscono in aggregato il settore secondario e il settore terziario (Tab. 3) emerge che il settore terziario ha una correlazione molto forte sia con il settore secondario sia con la densità di popolazione. Analoghi esiti emergono se viene considerato il settore secondario poiché l'intensità di correlazione con la densità di popolazione è pari a 0,790.

| Variables                      | (DP)  | (SS)  | (ST) |
|--------------------------------|-------|-------|------|
| Densità della popolazione (DP) | 1     |       |      |
| Settore secondario (SS)        | 0,790 | 1     |      |
| Settore terziario (ST)         | 0,905 | 0,899 | 1    |

Tabella 3: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di imprese appartenenti al settore secondario e al settore terziario.

Dai dati nel quale vengono confrontate le variabili dei diversi settori (Tab. 4) emerge che tutte le variabili hanno tra loro una correlazione medio forte sia tra variabili appartenenti allo stesso settore (secondario o terziario) sia tra variabili appartenenti a settori differenti e, allo stesso tempo, tutte le variabili hanno una correlazione positiva. Inoltre, ciò che emerge è che tutte le variabili relative alla

densità di imprese hanno una correlazione significativa anche con la variabile relativa alla densità di popolazione.

Andando nello specifico si nota che il settore della fornitura di energia non ha una correlazione forte con gli altri settori, infatti, nel confronto a coppie con le differenti variabili, il coefficiente di correlazione assume valori in un intorno compreso tra 0,416 e 0,703. Invece, le restanti variabili nel 99% dei casi se confrontate a coppie hanno un'intensità di correlazione almeno pari a 0,703.

| Variables  | (DP)  | (C)   | (D)   | (E)   | (F)   | (G)   | (H)   | (I)   | (J)   | (K)   | (L)   | (M)   | (N)   | (P)   | (Q)   | (R)   | (S) |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Densità della popolazione (DP)   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività manifatturiere (C)  | 0,746 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 0,492 | 0,422 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 0,756 | 0,743 | 0,560 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Costruzioni (F)  | 0,776 | 0,851 | 0,558 | 0,878 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 0,947 | 0,808 | 0,560 | 0,827 | 0,844 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 0,833 | 0,796 | 0,610 | 0,846 | 0,897 | 0,902 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 0,652 | 0,537 | 0,605 | 0,741 | 0,733 | 0,746 | 0,743 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 0,721 | 0,742 | 0,547 | 0,748 | 0,846 | 0,767 | 0,918 | 0,607 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 0,851 | 0,845 | 0,526 | 0,838 | 0,924 | 0,898 | 0,943 | 0,671 | 0,928 | 1     |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività immobiliari (L)   | 0,536 | 0,749 | 0,416 | 0,684 | 0,838 | 0,605 | 0,811 | 0,528 | 0,906 | 0,845 | 1     |       |       |       |       |       |     |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 0,861 | 0,809 | 0,554 | 0,818 | 0,890 | 0,907 | 0,949 | 0,676 | 0,947 | 0,982 | 0,816 | 1     |       |       |       |       |     |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 0,810 | 0,759 | 0,630 | 0,831 | 0,893 | 0,872 | 0,964 | 0,764 | 0,959 | 0,954 | 0,840 | 0,970 | 1     |       |       |       |     |
| Istruzione (P)   | 0,904 | 0,835 | 0,578 | 0,853 | 0,910 | 0,947 | 0,941 | 0,749 | 0,865 | 0,965 | 0,745 | 0,963 | 0,938 | 1     |       |       |     |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 0,926 | 0,786 | 0,499 | 0,818 | 0,864 | 0,950 | 0,919 | 0,692 | 0,866 | 0,961 | 0,708 | 0,970 | 0,928 | 0,971 | 1     |       |     |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 0,747 | 0,708 | 0,703 | 0,871 | 0,873 | 0,855 | 0,878 | 0,905 | 0,775 | 0,846 | 0,686 | 0,846 | 0,897 | 0,895 | 0,837 | 1     |     |
| Altre attività di servizi (S)  | 0,878 | 0,838 | 0,572 | 0,852 | 0,917 | 0,930 | 0,941 | 0,730 | 0,870 | 0,965 | 0,763 | 0,959 | 0,937 | 0,974 | 0,956 | 0,889 | 1   |

Tabella 4: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di imprese appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

### 6.1.2.3 Analisi econometrica

Nel seguente paragrafo viene definita l'analisi econometrica relativa al 2011 nel quale si tiene in considerazione come proxy dell'attività economica la densità di imprese (Tab. 5). Per quel che riguarda i modelli considerati, vengono prima trattati i modelli nei quali vengono considerati i settori in aggregato e, successivamente, vengono considerati i modelli nei quali vengono considerate le variabili relative ai settori maggiormente rappresentativi dell'industria e dei servizi per quantificare gli effetti marginali. Per i modelli regressivi associati ai settori in aggregato la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N S_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $S_i$  rappresenta il settore  $i$ -esimo considerato ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione. Invece, per tutti i modelli regressivi relativi alle singole variabili dell'industria e dei servizi la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N A_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $A_i$  rappresenta il codice Ateco 1-digit dei settori  $i$ -esimi dell'industria e dei servizi ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione.

Il primo modello considerato, che riprende quanto detto nel paragrafo 6.1.1, mette in correlazione la densità della popolazione con l'intensità luminosa. Il seguente modello risulta sempre statisticamente significativo e, per quel che riguarda gli indici della bontà di adattamento si nota come l' $R^2$  corretto risulta essere pari a 0,525 mentre l'errore standard della regressione (SER) risulta essere pari a 7,293. Per quel che riguarda i singoli coefficienti sia l'intercetta sia la variabile associata alla densità di popolazione risultano statisticamente significative. Aggiungendo la variabile associata alla densità di imprese relativa al settore secondario la capacità del modello di spiegare il fenomeno dell'intensità luminosa migliora notevolmente. Infatti, oltre ad essere sempre statisticamente significativo, per quel che riguarda la bontà del modello, all'equazione della regressione è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,738 ed un SER pari a 5,41. Per quel che riguarda le singole variabili, tutte sono sempre statisticamente significative. Se al posto della variabile associata al settore secondario viene considerata la variabile associata al settore terziario l'esito varia radicalmente. Al modello, oltre ad essere statisticamente significativo, è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,600 ed un SER pari a 6,693. Per quel che riguarda le singole variabili si nota come la variabile associata al settore terziario è sempre statisticamente significativa mentre, la variabile associata alla densità di popolazione risulta significativa per un livello di fiducia superiore a 0,0195. Infine, un ulteriore modello considera contemporaneamente le variabili associate alla densità di popolazione, al settore secondario e al settore terziario. Il modello risulta statisticamente significativo e, ad esso corrisponde un  $R^2$  corretto pari a 0,743 ed un SER pari a 5,359. Inoltre, emerge che alla variabile associata al settore terziario viene associato un coefficiente negativo, ciò potrebbe significare che le zone più dense di imprese dei servizi si trovino collocate in aree dove è carente la presenza di attività industriali e di popolazione. Per quel che riguarda le singole variabili emerge che tutte le variabili sono statisticamente significative. In conclusione, emerge che tutte le variabili apportano valore aggiunto al modello ma, in ordine di influenza, risulta che il settore secondario è il settore che fornisce un contributo maggiore alla distribuzione d'intensità luminosa seguito dal settore terziario e dalla densità di popolazione.

Un ulteriore analisi si concentra sui settori che danno marginalmente un contributo significativo rispettivamente nel settore secondario e nel settore terziario. In primis vengono considerati i settori operanti nell'industria ed in secundis vengono considerati i settori operanti nei servizi. Per quel che riguarda il settore secondario, viene considerato inizialmente, oltre alla densità di popolazione, il contributo marginale dato dal settore manifatturiero. Il modello è statisticamente significativo e, a tale modello è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,698 ed un SER pari a 5,810. Inoltre, per quel che riguarda le singole variabili, risultano tutte sempre statisticamente significative. Un ulteriore modello è composto da tutti i settori operanti nel settore secondario. Il modello risulta statisticamente significativo e, ad esso è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,758 ed un errore standard pari a 5,208. Per

quel che riguarda le singole variabili, dalla analisi emerge che solamente il settore della gestione dei rifiuti non è mai significativo poiché ad esso è associato un p-value pari a 0,9918. Inoltre, per quel che riguarda i coefficienti della regressione si nota che il coefficiente associato alla fornitura di energia risulta negativo, pertanto, si evince che le imprese più rilevanti sono collocate nelle zone in cui non è presente una cospicua densità di popolazione.

Per quel che riguarda il settore terziario vengono considerati tre modelli. Nel primo modello vengono considerate, oltre alla densità di popolazione, le variabili associate alla densità di imprese appartenenti ai settori del commercio, dei trasporti, della ristorazione, delle comunicazioni e delle attività finanziarie e assicurative. Il modello risulta statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento l' $R^2$  corretto è pari a 0,694 e il SER è pari a 5,855. Per quel che riguarda le singole variabili si nota come le uniche variabili che sono sempre statisticamente significative risultano essere il settore dei trasporti, il settore della comunicazione e il settore delle attività finanziarie; inoltre, tra le variabili considerate, il settore della comunicazione risulta l'unico a cui è associato un coefficiente negativo. Un'ulteriore variabile da considerare è la variabile associata al settore della ristorazione che assume significatività per un livello di fiducia superiore a 0,0617; inoltre, al settore della ristorazione è associato un coefficiente negativo per cui, anche per il settore della ristorazione si può ipotizzare che le attività di maggior rilievo sono collocate nelle zone periferiche rispetto ai centri abitati. Nel secondo modello vengono considerati i settori prevalentemente pubblici ossia l'istruzione e la sanità. Al modello, oltre ad essere statisticamente significativo, corrisponde un  $R^2$  corretto pari a 0,649 ed un SER pari a 6,267. Inoltre, tutte le variabili risultano statisticamente significative e, il settore della sanità risulta avere una correlazione negativa con l'intensità luminosa. Infine, il terzo modello considera tutti i settori dei servizi. Dalla analisi emerge che le uniche variabili statisticamente significative risultano essere le variabili associate ai settori del commercio, delle attività finanziarie ed assicurative, delle attività immobiliari, del noleggio e delle agenzie di viaggio, dell'istruzione, della sanità e delle altre attività associate ai servizi. Inoltre, le uniche variabili correlate negativamente con l'intensità luminosa risultano essere il settore della sanità e il settore del noleggio e delle agenzie di viaggio. Per quel che riguarda il modello in generale si ha l' $R^2$  corretto pari a 0,764 ed il SER pari a 5,137 oltre ad essere statisticamente significativo. Facendo un confronto tra il primo ed il secondo modello sembra che le variabili associate alle attività dei servizi in prevalenza pubblici spiegano in modo meno efficace rispetto alle variabili del primo modello ed un'ulteriore differenza concerne la significatività della variabile associata alla densità di popolazione.

Per concludere, si nota che i settori che, a livello aggregato, non spiegano l'andamento dell'intensità luminosa risultano essere i settori della gestione dei rifiuti, del trasporto, della ristorazione, della comunicazione, delle attività professionali e dell'intrattenimento.

Inoltre, per ognuno dei modelli, ovvero i modelli che valutano i contributi a livello aggregato (secondario e terziario) e i modelli che quantificano gli effetti marginali dei singoli settori dell'industria e dei servizi, è garantita la normalità dei residui ed è garantito che il valore atteso degli stessi è nullo. Ulteriori approfondimenti relativamente ai residui sono presenti nell'Appendice K.

Tabella 5: Analisi econometriche relative alla densità di imprese.

Variabile dipendente: DN

| Regressori   | (1)                        | (2)                       | (3)                       | (4)                        | (5)                       | (6)                          | (7)                         | (8)                        | (9)                         |
|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Densità della popolazione (DP)   | 0,0275<br>(0,0011)<br>***  | 0,0049<br>(0,0013)<br>*** | 0,0054<br>(0,0023)<br>**  | 0,0097<br>(0,0018)<br>***  | 0,0098<br>(0,0013)<br>*** | 0,0058<br>(0,0013)<br>***    | -0,0016<br>(0,0028)         | 0,0072<br>(0,0024)<br>***  | 0,0043<br>(0,0030)          |
| Settore secondario (SS)  |                            | 1,5932<br>(0,0714)<br>*** |                           | 1,8435<br>(0,0998)<br>***  |                           |                              |                             |                            |                             |
| Settore terziario (ST)   |                            |                           | 0,3710<br>(0,0346)<br>*** | -0,1389<br>(0,0391)<br>*** |                           |                              |                             |                            |                             |
| Attività manifatturiere (C)  |                            |                           |                           |                            | 2,2275<br>(0,1188)<br>*** | 1,1369<br>(0,1418)<br>***    |                             |                            |                             |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  |                            |                           |                           |                            |                           | -65,3634<br>(10,2198)<br>*** |                             |                            |                             |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) |                            |                           |                           |                            |                           | -0,0507<br>(4,9511)<br>***   |                             |                            |                             |
| Costruzioni (F)  |                            |                           |                           |                            |                           | 2,6400<br>(0,2705)<br>***    |                             |                            |                             |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    |                            |                           |                           |                            |                           |                              | 0,079<br>(0,1694)           |                            | 0,6014<br>(0,1776)<br>***   |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  |                            |                           |                           |                            |                           |                              | 2,3478<br>(0,9011)<br>***   |                            | 0,0843<br>(0,9180)          |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               |                            |                           |                           |                            |                           |                              | -0,4435<br>(0,2369)<br>*    |                            | 0,0532<br>(0,3829)          |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  |                            |                           |                           |                            |                           |                              | -10,0876<br>(1,0542)<br>*** |                            | -1,1873<br>(2,1412)         |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  |                            |                           |                           |                            |                           |                              | 27,1650<br>(1,9885)<br>***  |                            | 18,3177<br>(3,3893)<br>***  |
| Attività immobiliari (L)   |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            | 2,9585<br>(0,8986)<br>***   |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            | -0,3115<br>(0,7767)         |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            | -11,2763<br>(2,3217)<br>*** |
| Istruzione (P)   |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             | 21,1344<br>(1,7432)<br>*** | 7,8573<br>(2,4080)<br>***   |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             | -6,1402<br>(1,1537)<br>*** | -7,8241<br>(1,5478)<br>***  |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            | -0,0366<br>(1,1831)         |
| Altre attività di servizi (S)  |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            | 4,5049<br>(0,7749)<br>***   |
| Intercetta   | 10,1373<br>(0,3619)<br>*** | 8,2204<br>(0,2819)<br>*** | 9,6250<br>(0,3356)<br>*** | 8,1111<br>(0,2809)<br>***  | 8,9987<br>(0,2947)<br>*** | 8,1382<br>(0,2796)<br>***    | 8,5193<br>(0,3208)<br>***   | 7,6459<br>(0,3674)<br>***  | 7,3065<br>(0,3208)<br>***   |
| <b>Statistiche descrittive</b>   |                            |                           |                           |                            |                           |                              |                             |                            |                             |
| R <sup>2</sup> corretto  | 0,5248                     | 0,7385                    | 0,5997                    | 0,7434                     | 0,6984                    | 0,7576                       | 0,6937                      | 0,6490                     | 0,7642                      |
| SER  | 7,2925                     | 5,4101                    | 6,6927                    | 5,3591                     | 5,8099                    | 5,2082                       | 5,8550                      | 6,2670                     | 5,1374                      |
| F  | (674,6)<br>***             | (862,1)<br>***            | (458,0)<br>***            | (590)<br>***               | (707,2)<br>***            | (382,3)<br>***               | (231,2)<br>***              | (377,0)<br>***             | (153,0)<br>***              |

Nota: le colonne contengono i coefficienti degli stimatori OLS. Il valore principale corrisponde al coefficiente stimato mentre, il valore compreso tra le parentesi corrisponde alla deviazione standard. Gli asterischi corrispondono ai gradi di significatività per il quale la variabile risulta statisticamente significativa e dunque non vale l'ipotesi nulla. In ordine di sequenza \*p<0,1, \*\* p<0,05, \*\*\* p<0,01.

### 6.1.3 Densità di addetti

Nel seguente paragrafo si considerano le variabili associate alla densità di addetti e, come per il paragrafo precedente, vengono considerati parallelamente due modelli, il primo si riferisce ai settori secondario e terziario a livello aggregato mentre nel secondo si considerano le variabili associate ai singoli settori dell'industria e dei servizi per valutarne i contributi marginali. Per quel che riguarda l'organizzazione del seguente paragrafo, si ha una suddivisione in tre parti. Nella prima parte viene affrontata una parte dedicata alle statistiche univariate nel quale si confrontano le singole variabili con l'intensità luminosa. Nella seconda parte vengono esposte le statistiche descrittive delle variabili e la correlazione nel confronto a coppie tra le stesse. Nella terza parte vengono definiti i modelli econometrici considerati per ambedue le tipologie di analisi.

#### 6.1.3.1 Analisi univariate

Un ulteriore confronto tra l'attività economica e l'intensità luminosa è stato svolto considerando la densità di addetti come variabile che definisce i settori analizzati.

In prima istanza viene considerato il settore secondario (Fig. 41) e il settore terziario (Fig. 42) in aggregato. In entrambi i casi sembra esserci una correlazione positiva e, allo stesso tempo, significativa tra i rispettivi settori e l'intensità luminosa. In entrambi i casi la distribuzione dei punti sembra avere una dispersione ben definita e ciò lo si nota anche dal fatto che la funzione che approssima le rispettive distribuzioni hanno un  $R^2$  corretto pari a 0,702 per la correlazione tra il settore secondario e l'intensità luminosa e un  $R^2$  corretto pari a 0,533 per la correlazione tra il settore terziario e l'intensità luminosa. Inoltre, per quel che riguarda la distribuzione dei punti sembra che il settore secondario abbia una correlazione più significativa con l'intensità luminosa rispetto al settore terziario. Comparando ciò che è emerso con i risultati presenti nel paragrafo precedente si nota che la differenza tra il settore dell'industria e il settore dei servizi è meno significativa nel senso che adottando come variabile la densità di addetti emerge che il settore secondario ha una correlazione più significativa rispetto al terziario ma la differenza non è netta come nel caso in cui viene considerata la densità di imprese.

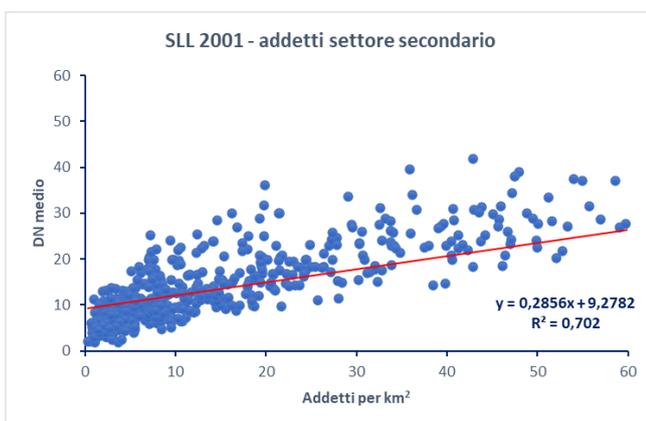


Figura 41: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km<sup>2</sup> appartenenti al settore secondario.

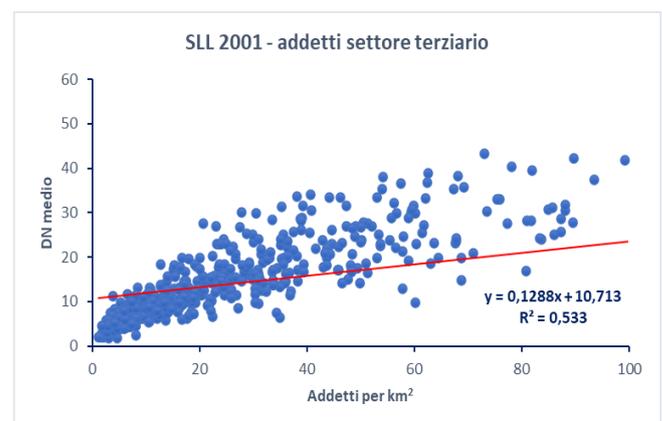


Figura 42: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore terziario.

Successivamente, sono state considerate le variabili associate alla densità di addetti appartenenti ai singoli settori dell'industria e dei servizi. Per quel che riguarda i settori dell'industria, i settori

maggiormente rappresentativi risultano essere il settore della manifattura (Fig. 43) e il settore delle costruzioni. Inoltre, in entrambi i casi la distribuzione dei punti, relativi al confronto tra i rispettivi settori e l'intensità luminosa, viene approssimata da una funzione avente un  $R^2$  corretto pari a 0,645 per il settore manifatturiero e un  $R^2$  corretto pari a 0,701 per il settore delle costruzioni. Invece, per quel che riguarda i restanti settori considerati, ossia il settore della fornitura dell'energia e il settore della gestione dei rifiuti, si nota come il settore relativo alla gestione dei rifiuti abbia una correlazione più significativa rispetto al settore dell'energia. Inoltre, alle rispettive funzioni, che approssimando le distribuzioni dei punti mettono in correlazione i settori con l'intensità luminosa, è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,378 per il settore della gestione dei rifiuti e un  $R^2$  corretto pari a 0,099 per il settore della fornitura dei servizi.

Tra i settori dei servizi sono stati presi in considerazione il settore del commercio (Fig. 44), il settore della ristorazione (Fig. 45), il settore dell'istruzione (Fig. 46) e il settore della sanità (Fig. 47). Tra tutti i settori considerati i settori che risultano avere una correlazione meno significativa con l'intensità luminosa risultano essere il settore della ristorazione, il settore del commercio, il settore dell'istruzione e il settore della sanità. Tuttavia, il settore del commercio, il settore delle attività professionali, il settore dell'istruzione e il settore della sanità risultano essere anche i settori più presenti nel contesto italiano. Per quel che riguarda le distribuzioni dei punti, che esprimono la correlazione tra l'intensità luminosa e la densità di addetti, si nota che il settore del commercio e il settore della sanità hanno una distribuzione dei punti più definita e la funzione che approssima tali distribuzioni in entrambi i casi ha un  $R^2$  corretto almeno pari a 0,516. All'opposto, la statistica univariata che mette a confronto l'intensità luminosa e il settore della ristorazione non è formata da una distribuzione di punti che segue uno andamento ben definito e ciò si riflette anche sulla funzione che approssima tale andamento dei punti a cui è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,177.

Ulteriori approfondimenti sono presenti negli Appendici E e G.

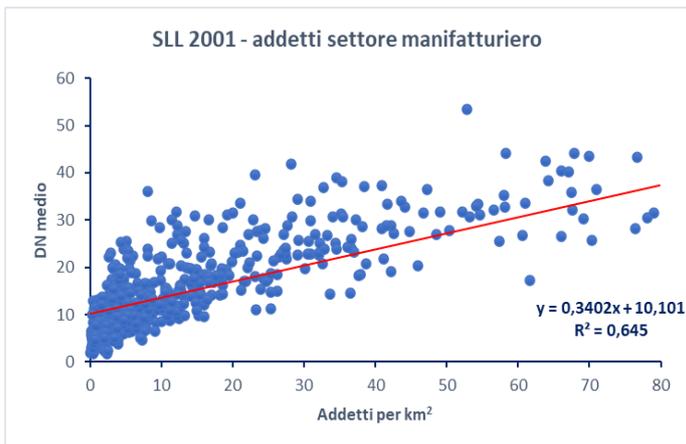


Figura 43: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per  $\text{km}^2$  appartenenti al settore manifatturiero.

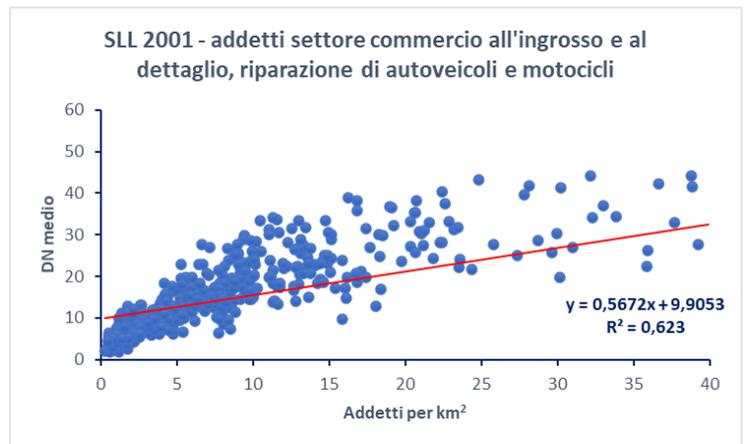


Figura 44: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per  $\text{km}^2$  appartenenti al settore del commercio.

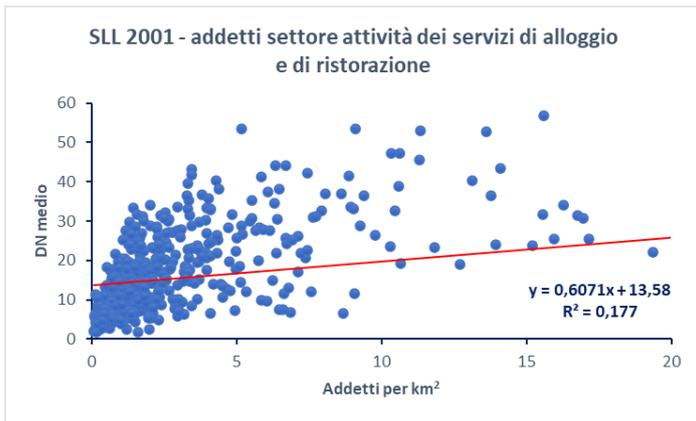


Figura 45: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della ristorazione.

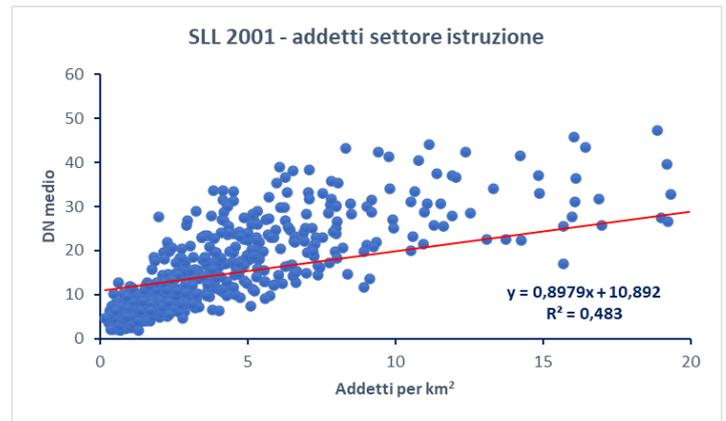


Figura 46: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore dell'istruzione.

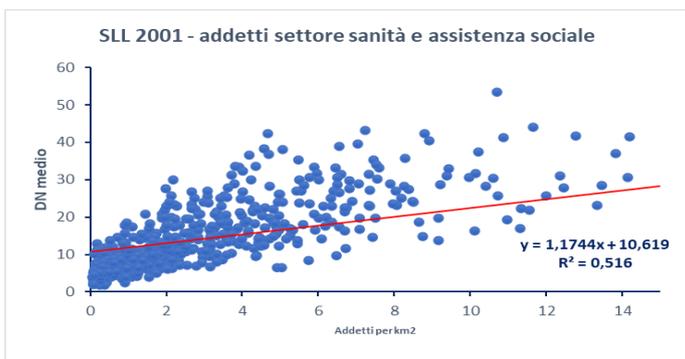


Figura 47: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della sanità.

### 6.1.3.2 Statistiche descrittive e correlazioni fra variabili

Nel seguente paragrafo viene affrontata l'analisi sull'altra tipologia di variabile utilizzata come proxy dell'attività economica ossia la densità di addetti. In tale contesto, come definito anche nei paragrafi precedenti, si considera inizialmente la statistica descrittiva e poi le correlazioni fra le variabili.

In aggregato (Tab. 6), si nota che il settore terziario è il settore con la più elevata densità di addetti. Rispetto a ciò che emerge nel momento in cui l'attività economica viene rappresentata dalla densità di imprese, il gap tra il settore terziario e il settore secondario è minore. Pertanto, per ogni Sistema locale del Lavoro, anche se il numero di imprese dei servizi è mediamente quasi cinque volte il numero di imprese dell'industria, il numero di addetti appartenenti al settore dei servizi è solamente il doppio rispetto al numero di addetti presenti nel settore dell'industria. Da ciò si evince che nel settore secondario ci sono poche imprese ma con un numero superiore di addetti per ogni singola impresa. Per quel che riguarda la variabilità, emerge che per entrambi i settori è presente un'eterogeneità significativa tra i differenti SLL. Infine, poiché il valore mediano tende maggiormente al valore di minimo, emerge che gran parte dei SLL ha una bassa densità di addetti e, tale esito è giustificato dalla densità di popolazione presente nei differenti SLL.

| Variables                      | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min   |
|--------------------------------|-------|--------|--------|----------|---------|-------|
| Intensità luminosa (DN)        | 611   | 14,76  | 12,06  | 10,60    | 56,76   | 1,77  |
| Densità della popolazione (DP) | 611   | 188,62 | 121,04 | 278,46   | 3096,30 | 12,86 |
| Settore secondario (SS)        | 611   | 22,23  | 9,58   | 31,03    | 281,46  | 0,28  |
| Settore terziario (ST)         | 611   | 42,13  | 18,42  | 60,12    | 711,60  | 1,14  |

Tabella 6: Statistiche descrittive relative alla densità di addetti appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Per quel che riguarda il settore secondario (Tab. 7), l'industria manifatturiera ha la più elevata densità di addetti nell'economia italiana. Il secondo settore con maggior densità di addetti è il settore delle costruzioni che al 2001 risulta essere un terzo rispetto alla numerosità di addetti operanti in attività manifatturiere. Dal confronto con la densità di imprese emerge che il numero di addetti presenti è differente nonostante in ogni SLL è presente approssimativamente la stessa densità di imprese manifatturiere ed imprese delle costruzioni. Invece, per quel che riguarda il settore della fornitura di energia e il settore della gestione dei rifiuti si ha una densità abbastanza simile e ciò vale anche per la mediana e la deviazione standard. Per quel che riguarda il settore dei servizi (Tab. 6), il settore del commercio risulta detenere la più alta densità di addetti seguito dal settore dell'istruzione, dal settore delle attività professionali e dal settore della sanità. Inoltre, ciò che emerge dalle analisi è il notevole gap tra il valore di massimo e di minimo per tutti i settori considerati.

Per quel che riguarda i valori mediani, tutte le variabili hanno un'intensità molto prossima al valore di minimo. Inoltre, come nei casi precedenti è presente una notevole variabilità rappresentativa dell'eterogeneità fra i differenti SLL.

| Variables  | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min   |
|--|-------|--------|--------|----------|---------|-------|
| Intensità luminosa (DN)  | 611   | 14,76  | 12,06  | 10,60    | 56,76   | 1,77  |
| Densità della popolazione (DP)   | 611   | 188,62 | 121,04 | 278,46   | 3096,30 | 12,86 |
| Attività manifatturiere (C)  | 611   | 16,07  | 5,67   | 24,97    | 220,12  | 0,06  |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 611   | 0,37   | 0,12   | 0,92     | 19,27   | 0     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 611   | 0,59   | 0,22   | 0,99     | 12,36   | 0     |
| Costruzioni (F)  | 611   | 5,20   | 2,91   | 6,03     | 50,73   | 0,20  |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 611   | 10,32  | 4,98   | 14,72    | 158,13  | 0,31  |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 611   | 3,81   | 1,30   | 6,18     | 65,98   | 0,10  |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 611   | 2,84   | 1,47   | 7,36     | 98,36   | 0,09  |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 611   | 2,19   | 0,39   | 3,94     | 71,08   | 0,00  |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 611   | 1,99   | 0,60   | 3,21     | 49,65   | 0,01  |
| Attività immobiliari (L)   | 611   | 0,78   | 0,17   | 1,31     | 19,99   | 0     |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 611   | 4,19   | 1,43   | 6,23     | 95,54   | 0,05  |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 611   | 2,84   | 0,76   | 4,33     | 62,86   | 0,00  |
| Istruzione (P)   | 611   | 5,22   | 2,92   | 8,18     | 100,28  | 0,18  |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 611   | 4,76   | 2,13   | 6,49     | 67,64   | 0,05  |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 611   | 0,76   | 0,30   | 1,33     | 14,55   | 0     |
| Altre attività di servizi (S)  | 611   | 2,42   | 1,02   | 3,48     | 32,65   | 0,02  |

Tabella 7: Statistiche descrittive relative alla densità di addetti appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

Un'ulteriore analisi si concentra sulle correlazioni fra le variabili.

In aggregato (Tab. 8), si nota una correlazione forte tra il settore terziario e la densità di popolazione e tra il settore secondario e il settore terziario; all'opposto, tra la densità di popolazione e il settore secondario risulta una correlazione al limite tra correlazione forte e correlazione media. Dal confronto con le correlazioni emerse nel momento in cui si usa come proxy la densità di imprese, si nota una riduzione delle intensità di correlazione fra variabili.

| Variables                      | (DP)  | (SS)  | (ST) |
|--------------------------------|-------|-------|------|
| Densità della popolazione (DP) | 1     |       |      |
| Settore secondario (SS)        | 0,698 | 1     |      |
| Settore terziario (ST)         | 0,883 | 0,794 | 1    |

Tabella 8: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di addetti appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Per quel che riguarda le variabili rappresentative dei settori appartenenti all'industria e ai servizi (Tab. 9), si nota come tutte le variabili hanno una correlazione non trascurabile con un'intensità almeno pari a 0,300, inoltre, come si nota anche nei paragrafi precedenti tutte le variabili sono tra loro positivamente correlate. Rispetto alle correlazioni presenti tra variabili associate alla densità di imprese si nota come con l'utilizzo della variabile associata alla densità di addetti si riducono le intensità delle correlazioni in tutti i settori considerati; inoltre, sono presenti tre settori che hanno una correlazione di media intensità nel confronto a coppie con gli altri settori. Per quel che riguarda il settore della fornitura di energia (D) si nota una correlazione di media intensità con le altre variabili eccetto la correlazione con il settore delle attività di intrattenimento (G) con il quale l'intensità di correlazione è pari a 0,717; inoltre è presente una correlazione debole tra tale settore e il settore della manifattura (C). Tale esito, è emerso anche nel paragrafo precedente. Invece, rispetto al confronto a coppie tra densità di imprese emergono altre importanti differenze. Il settore della ristorazione (I) risulta mediamente correlato con tutti gli altri settori eccetto con il settore delle attività di intrattenimento (R) con cui è presente una correlazione forte ( $\rho_{IR}=0,774$ ). Il settore della manifattura risulta mediamente correlato con tutti i settori eccetto i settori delle costruzioni, del commercio, delle attività immobiliari, delle attività scientifiche e degli altri settori. Il settore della comunicazione (J), oltre ad avere una correlazione di media intensità con il settore della fornitura di energia, confrontato con il settore manifatturiero e il settore della gestione rifiuti risulta avere una correlazione di media intensità ( $\rho_{JC}=0,604$ ,  $\rho_{JE}=0,645$ ). Infine, settore delle attività immobiliari (L) risulta essere mediamente correlato con il settore dell'istruzione ( $\rho_{LP}=0,537$ ) e con il settore delle attività immobiliari e il settore della gestione dei rifiuti ( $\rho_{LE}=0,577$ ). Per quel che riguarda i restanti confronti tra variabili emergono delle intensità almeno pari a 0,705.

| Variables  | (DP)  | (C)   | (D)   | (E)   | (F)   | (G)   | (H)   | (I)   | (J)   | (K)   | (L)   | (M)   | (N)   | (P)   | (Q)   | (R)   | (S) |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Densità della popolazione (DP)   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività manifatturiere (C)  | 0,612 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 0,490 | 0,300 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 0,853 | 0,558 | 0,568 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Costruzioni (F)  | 0,841 | 0,808 | 0,515 | 0,807 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 0,891 | 0,754 | 0,571 | 0,837 | 0,933 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 0,843 | 0,654 | 0,625 | 0,836 | 0,860 | 0,928 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 0,560 | 0,303 | 0,640 | 0,594 | 0,561 | 0,642 | 0,591 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 0,638 | 0,604 | 0,482 | 0,645 | 0,725 | 0,794 | 0,827 | 0,425 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 0,701 | 0,686 | 0,486 | 0,693 | 0,802 | 0,857 | 0,888 | 0,456 | 0,917 | 1     |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività immobiliari (L)   | 0,542 | 0,788 | 0,410 | 0,577 | 0,797 | 0,791 | 0,745 | 0,446 | 0,836 | 0,866 | 1     |       |       |       |       |       |     |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 0,792 | 0,714 | 0,513 | 0,788 | 0,865 | 0,928 | 0,924 | 0,525 | 0,941 | 0,953 | 0,868 | 1     |       |       |       |       |     |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 0,756 | 0,684 | 0,509 | 0,757 | 0,839 | 0,889 | 0,912 | 0,492 | 0,934 | 0,949 | 0,849 | 0,975 | 1     |       |       |       |     |
| Istruzione (P)   | 0,965 | 0,580 | 0,485 | 0,875 | 0,829 | 0,897 | 0,866 | 0,554 | 0,664 | 0,726 | 0,537 | 0,821 | 0,792 | 1     |       |       |     |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 0,863 | 0,674 | 0,512 | 0,810 | 0,886 | 0,906 | 0,901 | 0,491 | 0,771 | 0,860 | 0,716 | 0,901 | 0,892 | 0,896 | 1     |       |     |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 0,734 | 0,513 | 0,717 | 0,785 | 0,784 | 0,849 | 0,824 | 0,774 | 0,692 | 0,746 | 0,692 | 0,794 | 0,765 | 0,743 | 0,767 | 1     |     |
| Altre attività di servizi (S)  | 0,737 | 0,737 | 0,456 | 0,740 | 0,837 | 0,845 | 0,789 | 0,546 | 0,705 | 0,764 | 0,766 | 0,824 | 0,794 | 0,736 | 0,790 | 0,719 | 1   |

Tabella 9: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di addetti appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

### 6.1.3.3 Analisi econometrica

Nel seguente paragrafo viene definita, l'altra analisi econometrica relativa al 2011 nel quale si tiene in considerazione la densità di addetti come proxy dell'attività economica (Tab. 10). Per quel che riguarda i modelli considerati, vengono prima trattati i modelli nei quali vengono considerati i settori in aggregato e, successivamente, vengono considerati i modelli nei quali vengono considerate le variabili relative ai settori maggiormente rappresentativi dell'industria e dei servizi. Per i modelli regressivi associati ai settori in aggregato la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N S_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $S_i$  rappresenta il settore  $i$ -esimo ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione. Invece, per tutti i modelli regressivi relativi alle singole variabili dell'industria e dei servizi la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N A_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $A_i$  rappresenta il codice Ateco 1-digit dei settori  $i$ -esimi dell'industria e dei servizi ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione.

Poiché il modello relativo alla correlazione tra la densità di popolazione e l'intensità luminosa è stato trattato nel paragrafo 6.1.2.3, si considera direttamente il modello nel quale oltre alla densità di popolazione si prende in considerazione anche la densità di addetti operanti nel settore secondario. Il modello in questione è statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento si ha un  $R^2$  corretto pari a 0,740 ed un SER pari a 5,393. Per quel che riguarda le variabili, sia la variabile associata alla densità di popolazione sia la variabile associata al settore secondario sono statisticamente significative. Rispetto al modello nel quale viene considerata solamente la densità di popolazione si nota un netto miglioramento nella spiegazione del fenomeno da parte del modello econometrico. Sostituendo la variabile associata al settore secondario con la variabile associata al settore terziario il risultato non cambia nel senso che sia la densità di popolazione che la densità di addetti operanti nel settore terziario forniscono un contributo statisticamente significativo al modello econometrico. Tuttavia, nel modello nel quale si considera il settore terziario si nota una riduzione nella bontà di adattamento del modello nonostante sia significativo; infatti, l' $R^2$  corretto risulta essere pari a 0,561 mentre il SER risulta essere pari a 7,005. Infine, il modello econometrico nel quale si considera sia il settore secondario che il settore terziario, oltre che la densità di popolazione, oltre ad essere statisticamente significativo a livello di adattamento presenta un  $R^2$  corretto pari a 0,743 ed un errore standard pari a 5,358. Per quel che riguarda le singole variabili risultano tutte statisticamente significative e, l'unica variabile a cui è associato un coefficiente negativo risulta essere la variabile associata al settore terziario. In conclusione, tutte le variabili risultano essere statisticamente significative e, la variabile che impatta maggiormente è la variabile associata al settore secondario.

Un'ulteriore valutazione riguarda i settori appartenenti rispettivamente all'industria e ai servizi che marginalmente contribuiscono a determinare il livello d'intensità luminosa nel territorio italiano. In prima istanza vengono considerati i settori industriali e, successivamente vengono considerati i settori dei servizi. Per quel che riguarda il settore secondario, il primo modello econometrico considera, oltre alla densità di popolazione, il settore della manifattura. Il modello, oltre ad essere statisticamente significativo, ha un  $R^2$  corretto pari a 0,732 ed un SER pari a 5,479. Inoltre, le singole variabili risultano tutte statisticamente significative. Aggiungendo le variabili associate ai restanti settori (ossia il settore delle costruzioni, della gestione dei rifiuti e il settore della fornitura di energia), oltre che la variabile associata alla densità di popolazione, risulta che tutte le variabili sono statisticamente significative. Inoltre, all'equazione della regressione è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,769 ed un SER pari a 5,082. Inoltre, sia al settore della gestione dei rifiuti sia al settore della fornitura di energia è associato un coefficiente negativo; pertanto, per entrambi i settori risulta che le imprese sono collocate nelle zone periferiche alle località principali. In conclusione, tutti i settori industriali danno un contributo marginale significativo.

Per quel che riguarda il settore terziario vengono considerati tre modelli. Il primo modello considera le variabili associate ai settori del commercio, del trasporto e del magazzinaggio, della ristorazione, della comunicazione e delle attività finanziarie e assicurative. Il modello risulta statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento, ad esso è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,709 ed un SER pari a 5,708. Per quel che riguarda le singole variabili risulta che le uniche variabili che non sono statisticamente significative risultano essere la variabile associata alla densità di popolazione e la variabile associata al settore delle attività finanziarie e assicurative. Inoltre, delle restanti variabili, alle variabili associate al settore dei trasporti, della ristorazione e della comunicazione è associato un coefficiente negativo. Il secondo modello tiene in considerazione le variabili associate ai settori prevalentemente pubblici ossia il settore della sanità e il settore dell'istruzione. Per quel che riguarda il modello nel complesso, oltre ad essere statisticamente significativo, presenta un  $R^2$  corretto pari a 0,571 ed un SER pari a 6,927. Inoltre, per quel che riguarda

le variabili, risultano tutte essere statisticamente significative. Infine, l'ultimo modello considera tutti i settori dei servizi. Tale modello, oltre ad essere statisticamente significativo, presenta un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,756 ed un SER pari a 5,221. Per quel che riguarda le singole variabili si ha che gli unici settori che perdono completamente il potere esplicativo risultano essere il settore delle comunicazioni ed il settore delle attività finanziarie ed assicurative. Dei restanti settori il settore dell'istruzione ed il settore del noleggio e delle agenzie di viaggio diventano significative per un livello di fiducia rispettivamente superiore a 0,047 e 0,021. Infine, tra le variabili considerate, le uniche a cui è associato un coefficiente negativo risultano essere le variabili associate ai settori del trasporto, della ristorazione, delle attività scientifiche, dell'istruzione e delle attività di intrattenimento.

Inoltre, per ognuno dei modelli è garantita la normalità dei residui e, allo stesso tempo, è garantito il valore atteso nullo. Ulteriori approfondimenti relativamente ai residui sono presenti nell'Appendice L.

Tabella 10: Analisi econometriche relative alla densità di addetti.

| Variabile dipendente: DN   |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            |                            |                            |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Regressori   | (1)                       | (2)                       | (3)                       | (4)                        | (5)                       | (6)                        | (7)                        | (8)                        | (9)                        |
| Densità della popolazione (DP)   | 0,0275<br>(0,0011)<br>*** | 0,0104<br>(0,0011)<br>*** | 0,0138<br>(0,0022)<br>*** | 0,0141<br>(0,0017)<br>***  | 0,0142<br>(0,0010)<br>*** | 0,0105<br>(0,0016)<br>***  | 0,0018<br>(0,0020)         | 0,0300<br>(0,0038)<br>***  | 0,0104<br>(0,0031)<br>***  |
| Settore secondario (SS)  |                           | 0,2207<br>(0,0098)<br>*** |                           | 0,2389<br>(0,0115)<br>***  |                           |                            |                            |                            |                            |
| Settore terziario (ST)   |                           |                           | 0,0725<br>(0,0101)<br>*** | -0,0271<br>(0,0091)<br>*** |                           |                            |                            |                            |                            |
| Attività manifatturiere (C)  |                           |                           |                           |                            | 0,2436<br>(0,0112)<br>*** | 0,1444<br>(0,0148)<br>***  |                            |                            |                            |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  |                           |                           |                           |                            |                           | -1,0187<br>(0,2782)<br>*** |                            |                            |                            |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) |                           |                           |                           |                            |                           | -1,9378<br>(0,4421)<br>*** |                            |                            |                            |
| Costruzioni (F)  |                           |                           |                           |                            |                           | 0,9128<br>(0,0946)<br>***  |                            |                            |                            |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    |                           |                           |                           |                            |                           |                            | 1,0471<br>(0,0580)<br>***  |                            | 0,9323<br>(0,0739)<br>***  |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  |                           |                           |                           |                            |                           |                            | -0,7905<br>(0,1212)<br>*** |                            | -0,5946<br>(0,1208)<br>*** |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               |                           |                           |                           |                            |                           |                            | -0,2555<br>(0,0429)<br>*** |                            | -0,1459<br>(0,0503)<br>*** |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  |                           |                           |                           |                            |                           |                            | -0,9265<br>(0,1516)<br>*** |                            | -0,3941<br>(0,2404)<br>*** |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  |                           |                           |                           |                            |                           |                            | 0,3824<br>(0,2359)         |                            | -0,1940<br>(0,2624)<br>*** |
| Attività immobiliari (L)   |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            |                            | 2,0974<br>(0,5333)<br>***  |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            |                            | -1,3121<br>(0,3090)<br>*** |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            |                            | 0,5931<br>(0,2559)<br>**   |
| Istruzione (P)   |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            | -0,6564<br>(0,1478)<br>*** | -0,2835<br>(0,1421)<br>**  |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            | 0,8042<br>(0,0977)<br>***  | 0,4551<br>(0,1119)<br>***  |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 |                           |                           |                           |                            |                           |                            |                            |                            | -1,4170<br>(0,3858)<br>*** |

|                                |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |                           |                           |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Altre attività di servizi (S)  |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |                           | 0,6684<br>(0,1237)<br>*** |
| Intercetta                     | 10,1373<br>(0,3619)<br>*** | 8,6602<br>(0,2756)<br>*** | 10,1231<br>(0,3477)<br>*** | 8,5437<br>(0,2766)<br>*** | 8,8580<br>(0,2782)<br>*** | 7,9160<br>(0,2757)<br>*** | 8,7842<br>(0,2974)<br>*** | 9,6755<br>(0,3514)<br>*** | 8,1700<br>(0,2796)<br>*** |
| <b>Statistiche descrittive</b> |                            |                           |                            |                           |                           |                           |                           |                           |                           |
| R <sup>2</sup> corretto        | 0,5248                     | 0,7401                    | 0,5615                     | 0,7434                    | 0,7318                    | 0,7692                    | 0,7089                    | 0,5713                    | 0,7565                    |
| SER                            | 7,2925<br>(674,6)<br>***   | 5,3933<br>(869,4)<br>***  | 7,0052<br>(391,5)<br>***   | 5,3583<br>(590,2)<br>***  | 5,4790<br>(833,0)<br>***  | 5,0819<br>(407,6)<br>***  | 5,7076<br>(248,6)<br>***  | 6,9265<br>(272,0)<br>***  | 5,2207<br>(146,7)<br>***  |
| F                              | ***                        | ***                       | ***                        | ***                       | ***                       | ***                       | ***                       | ***                       | ***                       |

Nota: le colonne contengono i coefficienti degli stimatori OLS. Il valore principale corrisponde al coefficiente stimato mentre, il valore compreso tra le parentesi corrisponde alla deviazione standard. Gli asterischi corrispondono ai gradi di significatività per il quale la variabile risulta statisticamente significativa e dunque non vale l'ipotesi nulla. In ordine di sequenza \*p<0,1, \*\* p<0,05, \*\*\* p<0,01.

### 6.1.4 Confronto tra i modelli econometrici del 2001

Nel seguente paragrafo vengono confrontati i modelli econometrici nel quale vengono adottati come proxy dell'attività economica la densità di addetti e la densità di imprese. Per quel che riguarda i settori in aggregato la prima differenza che emerge riguarda il modello nel quale si considerano i settori in aggregato. Nel modello nel quale, oltre alla densità di popolazione, si considera anche il settore terziario emerge che adottando come variabile la densità di imprese, la variabile associata al settore terziario è sempre significativa mentre alla densità di popolazione è associato un p-value pari a 0,0195; invece, considerano la densità di addetti, entrambe le variabili risultano sempre statisticamente significative. Per quel che riguarda la bontà di adattamento a livello aggregato non si notano delle differenze significative tra i modelli nei quali si adopera come proxy dell'attività economica la densità di addetti rispetto al modello nel quale si adopera come proxy la densità di imprese.

Considerando i modelli nei quali si analizzano gli effetti marginali dei singoli settori dell'industria, l'unica differenza che emerge riguarda la variabile associata alla gestione dei rifiuti che nel modello nel quale si considera la densità di addetti è sempre statisticamente significativa mentre, nel modello nel quale si considera la densità di imprese non è mai statisticamente significativa. Infine, un ulteriore confronto riguarda i modelli relativi alle variabili associate ai settori dei servizi. Nel modello nel quale si considerano come variabili, oltre alla densità di popolazione, le variabili relative ai settori del commercio, del trasporto, della ristorazione, della comunicazione e delle attività finanziarie si notano alcune differenze sostanziali. Nel modello nel quale viene utilizzata la densità di addetti come proxy per i settori, le uniche variabili che non sono statisticamente significative risultano essere la densità di popolazione e la variabile relativa alle attività finanziarie. Nel caso in cui si adotta come proxy la densità di imprese si nota come, oltre alla densità di popolazione non risulta statisticamente significativa neanche la variabile relativa al settore del commercio; inoltre, la variabile associata al settore della ristorazione perde di significatività per un livello di fiducia inferiore a 0,0617. Infine, nel modello nel quale vengono considerati tutti i settori terziari, adottando come proxy la densità di imprese, oltre alla densità di popolazione, i settori che perdono completamente di significatività sono i settori dei trasporti, della ristorazione, della comunicazione, delle attività scientifiche e dell'intrattenimento. Invece, adottando come proxy la densità di addetti gli unici settori che perdono di significatività sono i settori della comunicazione e delle attività finanziarie; inoltre, al settore dell'istruzione e al settore del noleggio e delle agenzie di viaggio è associato un p-value rispettivamente pari a 0,047 e 0,021. Per quel che riguarda la bontà di adattamento nei modelli econometrici nei quali si studiano gli effetti marginali dei singoli settori dei servizi e dell'industria emerge un piccolo miglioramento per l'R<sup>2</sup> corretto ma soprattutto per quanto riguarda la variabilità (SER), adottando come proxy dell'attività economica la densità di addetti.

## 6.2 Analisi dei Sistemi Locali del Lavoro del 2011

La seguente sezione si concentra sull'andamento dell'attività economica relativa al 2011. Inoltre, il seguente paragrafo, come nel paragrafo precedente, si articola in quattro parti. Nella prima parte viene fatta un'analisi in merito alla densità della popolazione e al grado di significatività della correlazione fra la stessa e l'intensità media luminosa. Nella seconda parte viene definita la statistica descrittiva e il modello econometrico adottato utilizzando come variabile economica la densità di imprese. Nella terza parte vengono definite le medesime analisi presenti nella seconda parte con l'unica differenza che nella seguente parte come variabile economica viene adottata la densità di addetti. Nell'ultima parte vengono fatte delle valutazioni in merito al confronto tra le stesse.

### 6.2.1 Densità di popolazione

La prima variabile considerata, neutrale rispetto alle due tipologie di variabili, è la densità di popolazione (Fig. 48). Ciò che emerge dall'analisi è un addensamento dei Sistemi Locali del Lavoro nella regione in cui l'intervallo d'intensità luminosa è compreso tra 0 e 30 mentre, l'intervallo della densità di popolazione è compreso tra 0 e 200 mila abitanti per km<sup>2</sup>. Per quel che riguarda il 2011 si nota pertanto che la maggior parte della penisola italiana è poco luminosa e ciò può essere motivato dalla presenza di una bassa densità di popolazione.

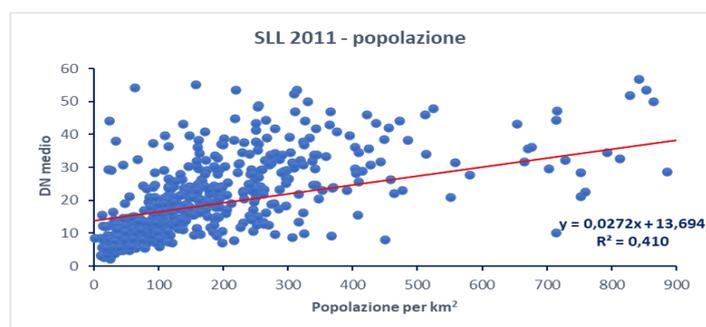


Figura 48: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e la popolazione per km<sup>2</sup>.

Infine, dal confronto tra la densità della popolazione e l'intensità luminosa sembra esserci una correlazione positiva significativa dato che il trend intrapreso dai punti sembra approssimarsi bene ad una funzione lineare. Infatti, dalle analisi emerge una correlazione positiva non trascurabile tra la densità di popolazione e l'intensità media luminosa e, la funzione che approssima la distribuzione dei punti risulta avere una pendenza pari a 0,0272. Inoltre, per quel che riguarda la bontà di adattamento si ha un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,410 ed un errore standard SER pari a 9,646. Inoltre, dall'analisi econometrica emerge un p-value pari a zero per cui la variabile è statisticamente significativa.

### 6.2.2 Densità di imprese

Nel seguente paragrafo si considerano le variabili associate alla densità di imprese e, vengono considerati parallelamente due modelli, il primo si riferisce ai settori secondario e terziario a livello

aggregato mentre nel secondo si considerano le variabili associate ai singoli settori dell'industria e dei servizi. Per quel che riguarda l'organizzazione del seguente paragrafo, si ha una suddivisione in tre parti. Nella prima parte viene affrontata una parte dedicata alle statistiche univariate nel quale si confrontano le singole variabili con l'intensità luminosa. Nella seconda parte vengono espone le statistiche descrittive delle variabili e la correlazione nel confronto a coppie tra le stesse. Nella terza parte vengono definiti i modelli econometrici considerati per ambedue le tipologie di analisi.

### 6.2.2.1 Analisi univariate

All'interno del seguente paragrafo vengono messi a confronto le variabili maggiormente rappresentative dei settori analizzati oltre che dei settori in aggregato.

Una prima analisi riguarda la possibile correlazione tra l'intensità luminosa e i settori in aggregato (Fig. 49 e 50). In entrambi i grafici si nota un'analogia correlazione positiva tra i settori e l'intensità luminosa e ciò si evince dal fatto che da un lato in entrambe le distribuzioni è presente un addensamento dei punti nella parte iniziale mentre dall'altro si nota una tendenza crescente con l'intensità luminosa.

Ciò che differenzia le due distribuzioni è la densità delle imprese per km<sup>2</sup>; infatti, essendo l'Italia un Paese sviluppato si ha una prevalenza del settore terziario rispetto al settore secondario. Un'ulteriore differenza riguarda la pendenza della funzione che approssima la distribuzione dei punti; emerge che il settore secondario sembra avere un maggior impatto sull'intensità luminosa presente nel territorio italiano. Inoltre, andando a considerare la funzione che approssima la distribuzione dei punti emerge che la correlazione tra il settore terziario e l'intensità luminosa sia quasi costante.

Per quel che riguarda la bontà di adattamento, alla funzione che approssima la correlazione tra il settore secondario e l'intensità luminosa è associato un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,665, invece, la funzione che approssima la correlazione tra l'intensità luminosa e il settore terziario ha un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,015.

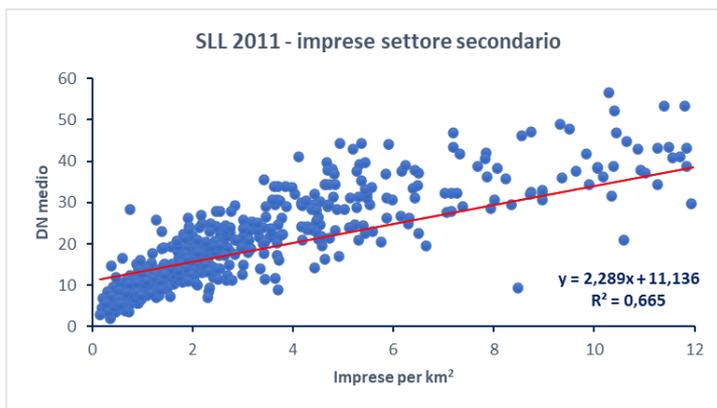


Figura 49: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore secondario.

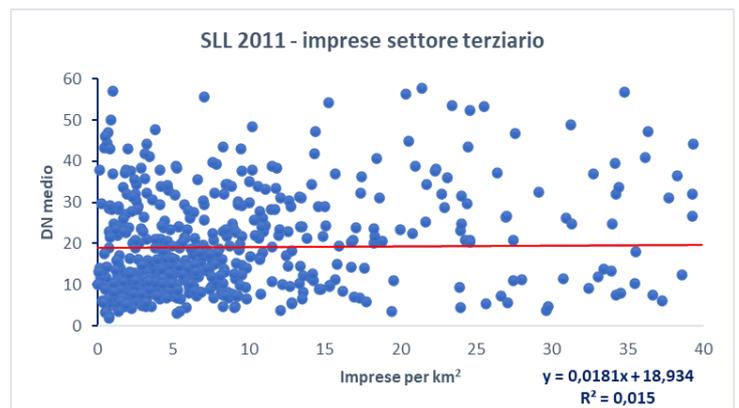


Figura 50: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore terziario.

Successivamente, sono stati presi in considerazione i segmenti maggiormente rappresentativi dei settori di riferimento. Per quanto riguarda il settore secondario è stato preso in considerazione il settore manifatturiero (Fig. 51) perché è stato riscontrato dalle analisi una correlazione minore con

l'intensità luminosa rispetto ai restanti settori appartenenti al settore secondario. Inoltre, tra i settori appartenenti al settore secondario, il segmento della manifattura e il segmento delle costruzioni presentano una densità di imprese superiore rispetto ai settori dell'energia e dei rifiuti e, allo stesso tempo presentano, rispetto ai settori dell'energia e dei rifiuti, una minor correlazione con l'intensità luminosa. Per quel che riguarda la bontà di adattamento della funzione che approssima la correlazione tra l'intensità luminosa e i rispettivi settori dell'industria si ha che l' $R^2$  corretto associato alla manifattura è pari a 0,603; invece, per i restanti settori tale valore è pari a 0,622 per il settore delle costruzioni, 0,269 per il settore della fornitura di energia e 0,496 per il settore della gestione dei rifiuti.

Per quel che riguarda il settore terziario sono stati presi in considerazione i quattro settori più rappresentativi ossia il settore del commercio (Fig. 52), settore della ristorazione (Fig. 53), settore dell'istruzione (Fig. 54) e settore della sanità (Fig. 55). Il settore del commercio è il settore che ha una presenza più significativa sul territorio italiano, inoltre, data distribuzione dei punti si evince una correlazione molto bassa e ciò si riflette dal fatto che la distribuzione dei punti non sembra seguire un trend potenzialmente definito. Infine, alla funzione che approssima tale distribuzione dei punti è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,022.

Invece, il settore dell'istruzione risulta avere una correlazione più significativa con l'intensità luminosa nonostante abbia una presenza poco rilevante. Altri due settori abbastanza significativi risultano essere il settore della ristorazione e il settore della sanità sia per il numero di siti presenti nel territorio sia per la correlazione con l'intensità luminosa. In generale per quel che riguarda i settori dei servizi si evince una scarsa correlazione con l'intensità luminosa se confrontata con la correlazione dei settori appartenenti al settore secondario con l'intensità luminosa.

Nel complesso, andando ad analizzare i vari settori si nota un addensamento dei punti nella regione in cui è presente sia una bassa intensità luminosa sia una bassa densità di attività economiche. Da un primo confronto con il 2001 si nota che il settore terziario nel 2011 sembra avere una correlazione meno significativa con l'intensità luminosa.

Ulteriori approfondimenti si trovano negli Appendici H e I.

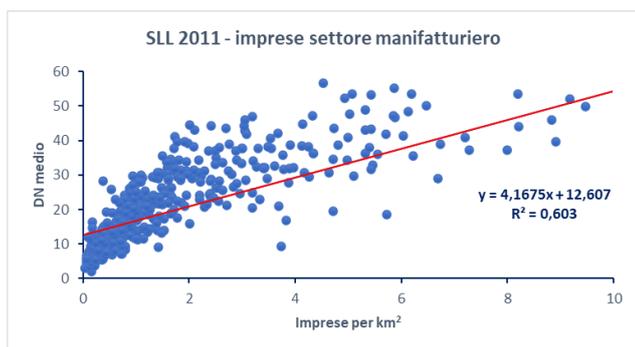


Figura 51: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore manifatturiero.

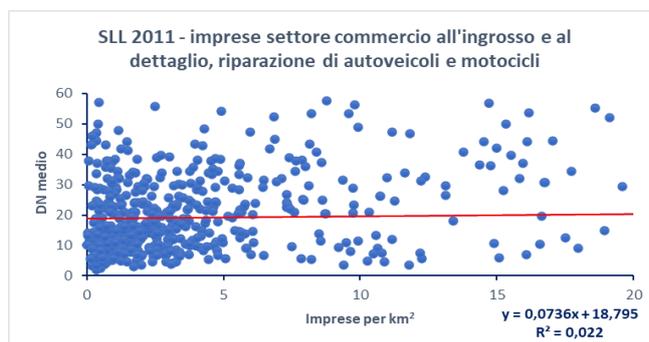


Figura 52: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore del commercio.

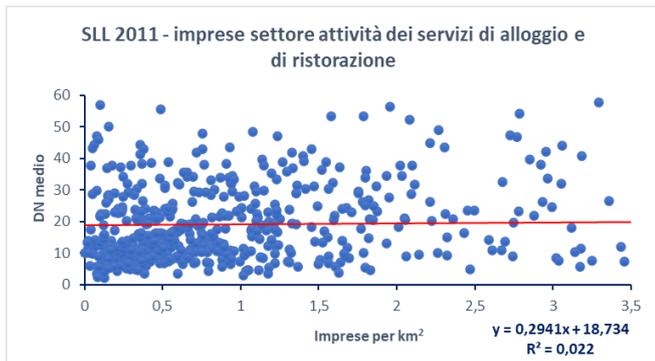


Figura 53: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della ristorazione.

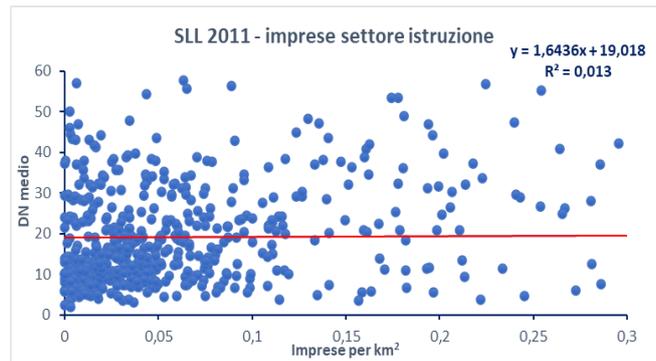


Figura 54: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore dell'istruzione.

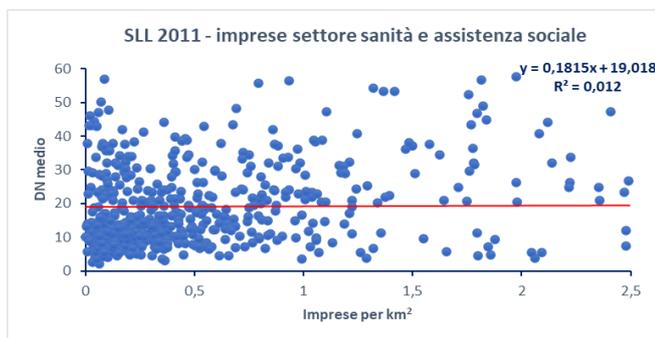


Figura 55: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di imprese per km<sup>2</sup> appartenenti al settore della sanità.

### 6.2.2.2 Statistiche descrittive e correlazioni fra variabili

Nella prima parte del seguente paragrafo vengono definite le statistiche descrittive associate alle variabili che rappresentano le due tipologie di analisi che mettono in correlazione la densità di aziende con l'intensità luminosa; pertanto, si considerano le variabili associate ai settori in aggregato ed in seguito le variabili associate ai singoli settori appartenenti all'industria e ai servizi. Nella seconda parte vengono definite le correlazioni presenti.

Per quel che riguarda i settori in aggregato (Tab. 11), mediamente in ogni Sistema Locale del Lavoro il numero di imprese presenti nel settore terziario è quasi quattro volte il numero di imprese presenti nel settore secondario. Rispetto al 2001, la densità di imprese del settore secondario si è ridotta del 12% mentre la densità di imprese del settore terziario si è ridotta dell'8,4%. Tale effetto potrebbe essere giustificato dal fatto che si è ridotta la densità di popolazione mediamente presente nei SLL e questo potrebbe esser dovuto all'aumento dell'attività economica in alcuni Sistemi Locali del Lavoro a discapito di altri. Infatti, andando ad analizzare ciò che emerso nel Capitolo 5 emerge che l'area Nord-Est e lungo la costa adriatica è aumentato il livello d'intensità luminosa presente. All'opposto, la variabilità rispetto al 2001 è aumentata, pertanto, è presente una maggior eterogeneità fra i Sistemi Locali del Lavoro. Per quel che riguarda l'altro indicatore di tendenza centrale, si nota una prossimità della mediana rispetto al valore di minimo per cui, anche nel il 2011, gran parte dei SLL ha una bassa densità di attività economica.

| Variables                      | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min  |
|--------------------------------|-------|--------|--------|----------|---------|------|
| Intensità luminosa (DN)        | 611   | 18,16  | 14,99  | 12,60    | 60,45   | 1,99 |
| Densità della popolazione (DP) | 611   | 196,52 | 119,47 | 295,20   | 3106,55 | 1,87 |
| Settore secondario (SS)        | 611   | 3,37   | 1,96   | 4,47     | 36,81   | 0,16 |
| Settore terziario (ST)         | 611   | 12,25  | 6,21   | 90,54    | 1259,23 | 0    |

Tabella 11: Statistiche descrittive relative alla densità di imprese appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Per quel che riguarda il secondo modello (Tab. 12), come per il 2001, sono stati presi in considerazione i sedici settori maggiormente rappresentativi dell'attività economica del contesto italiano. Dei settori considerati, quattro si riferiscono a settori associati al settore dell'industria tra cui il settore della manifattura (C), il settore della fornitura di energia (D), il settore della gestione dei rifiuti (E) ed il settore delle costruzioni (F). Come descritto nel paragrafo precedente il settore della manifattura e il settore delle costruzioni sono i settori più rilevante mediamente in termini di densità, inoltre, rispetto al 2001 la densità di imprese delle costruzioni è rimasta la stessa mentre la densità di imprese manifatturiere è diminuito. Inoltre, dai quantili emerge che più del 50% dei Sistemi Locali del Lavoro è presente una bassa densità di imprese del settore secondario, in particolare, per quel che riguarda il settore dell'energia e il settore della gestione dei rifiuti sembrerebbe che tali settori abbiano una presenza trascurabile.

Per quel che riguarda il settore dei servizi sono state considerate dodici variabili ognuna associata ai settori più rappresentativi del panorama italiano ossia: il settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio (G), il settore del trasporto (H), il settore della ristorazione e degli alloggi (I), settore delle comunicazioni (J), il settore della finanza (K), il settore dei servizi immobiliari (L), il settore delle attività scientifiche (M), il settore delle agenzie di supporto alle imprese (N), il settore dell'istruzione (P), il settore della sanità (Q), il settore delle attività sportive e dell'intrattenimento (R) ed altri settori di minore rilevanza (S). Di questi, il settore del commercio e il settore delle attività scientifiche risultano avere una maggior presenza nel contesto italiano, invece i settori dell'istruzione, delle attività sportive e di intrattenimento e della comunicazione hanno una minor intensità. Rispetto al 2001, il settore delle attività immobiliari è il settore che è aumentato maggiormente in termini di densità di imprese (60%) seguono poi i settori della ristorazione, della sanità e delle attività finanziarie. Un'altra particolarità riguarda i valori di minimo, nel senso che nel 2011 sono presenti Sistemi Locali del Lavoro nei quali non sono presenti attività appartenenti al settore dei servizi. Per quel che riguarda la distribuzione delle attività economiche associate ai servizi emerge che tutti i settori hanno sia il valore medio che il valore mediano molto prossimi al valore di minimo per cui in almeno il 50 % dei SLL la densità di attività dei servizi è bassa.

| Variables  | Count | Mean   | Median | Std. Dev. | Max     | Min  |
|--|-------|--------|--------|-----------|---------|------|
| Intensità luminosa (DN)  | 611   | 18,16  | 14,99  | 12,60     | 60,45   | 1,99 |
| Densità della popolazione (DP)   | 611   | 196,52 | 119,47 | 295,20    | 3106,55 | 1,87 |
| Attività manifatturiere (C)  | 611   | 1,47   | 0,78   | 2,34      | 19,45   | 0,04 |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 611   | 0,04   | 0,02   | 0,05      | 0,69    | 0    |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 611   | 0,04   | 0,03   | 0,07      | 0,62    | 0    |
| Costruzioni (F)  | 611   | 1,81   | 1,09   | 2,23      | 18,42   | 0,10 |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 611   | 4,10   | 2,44   | 26,12     | 385,61  | 0    |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 611   | 0,51   | 0,26   | 3,91      | 56,73   | 0    |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 611   | 1,14   | 0,77   | 6,60      | 91,95   | 0    |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 611   | 0,36   | 0,11   | 3,89      | 60,71   | 0    |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 611   | 0,44   | 0,20   | 3,30      | 47,56   | 0    |
| Attività immobiliari (L)   | 611   | 0,80   | 0,24   | 7,14      | 122,09  | 0    |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 611   | 2,39   | 0,96   | 20,08     | 306,53  | 0    |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 611   | 0,52   | 0,20   | 4,91      | 74,06   | 0    |
| Istruzione (P)   | 611   | 0,10   | 0,04   | 0,92      | 13,63   | 0    |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 611   | 0,96   | 0,41   | 7,96      | 121,87  | 0    |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 611   | 0,23   | 0,10   | 2,09      | 35,50   | 0    |
| Altre attività di servizi (S)  | 611   | 0,69   | 0,39   | 4,68      | 70,34   | 0    |

Tabella 12: Statistiche descrittive relative alla densità di imprese appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

Un ulteriore aspetto considerato riguarda la correlazione fra le variabili. In aggregato (Tab. 13), si nota un'assenza di correlazione del settore terziario con il settore secondario e con la densità di popolazione ed una correlazione forte tra il settore secondario e la variabile associata alla densità della popolazione ( $\rho_{SSDP}=0,760$ ).

| Variables                      | (DP)  | (SS)  | (ST) |
|--------------------------------|-------|-------|------|
| Densità della popolazione (DP) | 1     |       |      |
| Settore secondario (SS)        | 0,760 | 1     |      |
| Settore terziario (ST)         | 0,230 | 0,143 | 1    |

Tabella 13: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di imprese appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Per quel che riguarda le variabili associate ai settori più rappresentativi dell'industria e dei servizi (Tab. 14) emerge che le variabili interne ai settori presentano un grado di correlazione medio-forte. In particolare, la variabile associata al settore delle costruzioni ha una correlazione forte con il settore della manifattura ( $\rho_{CF}=0,843$ ) e il settore della gestione dei rifiuti ( $\rho_{EF}=0,839$ ). A sua volta, il settore della gestione dei rifiuti ha una correlazione forte con il settore manifatturiero ( $\rho_{CE}=0,743$ ). Invece, per quel che riguarda il settore dei servizi emerge una correlazione molto forte ( $\rho_{XY}>0,9$ ) tra le variabili.

Un ulteriore aspetto riguarda l'assenza di correlazione tra le variabili associate ai servizi e le variabili associate all'industria. Infine, per quel che riguarda la correlazione fra variabili emerge una

correlazione medio-forte tra le variabili associate al settore secondario e la variabile associata alla densità di popolazione; in particolare a parte il settore dell'energia, in cui il coefficiente di correlazione è di 0,480, tra le restanti variabili e la variabile della popolazione il coefficiente di correlazione è almeno pari a 0,687. Considerando le variabili associate al settore dei servizi emerge un'intensità di correlazione trascurabile con la variabile associata alla densità di popolazione.

| Variables  | (DP)  | (C)   | (D)   | (E)   | (F)   | (G)   | (H)   | (I)   | (J)   | (K)   | (L)   | (M)   | (N)   | (P)   | (Q)   | (R)   | (S) |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Densità della popolazione (DP)   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività manifatturiere (C)  | 0,687 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 0,480 | 0,592 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 0,835 | 0,743 | 0,559 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Costruzioni (F)  | 0,768 | 0,843 | 0,640 | 0,839 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 0,263 | 0,170 | 0,049 | 0,219 | 0,146 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 0,236 | 0,148 | 0,046 | 0,199 | 0,139 | 0,974 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 0,257 | 0,171 | 0,053 | 0,222 | 0,165 | 0,980 | 0,979 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 0,193 | 0,116 | 0,028 | 0,148 | 0,089 | 0,946 | 0,985 | 0,952 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 0,230 | 0,149 | 0,041 | 0,183 | 0,119 | 0,981 | 0,992 | 0,973 | 0,987 | 1     |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività immobiliari (L)   | 0,202 | 0,135 | 0,039 | 0,159 | 0,115 | 0,934 | 0,978 | 0,935 | 0,982 | 0,980 | 1     |       |       |       |       |       |     |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 0,202 | 0,126 | 0,033 | 0,161 | 0,102 | 0,968 | 0,991 | 0,967 | 0,994 | 0,994 | 0,979 | 1     |       |       |       |       |     |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 0,198 | 0,120 | 0,032 | 0,160 | 0,104 | 0,958 | 0,991 | 0,967 | 0,997 | 0,988 | 0,976 | 0,997 | 1     |       |       |       |     |
| Istruzione (P)   | 0,227 | 0,136 | 0,035 | 0,176 | 0,106 | 0,979 | 0,989 | 0,967 | 0,988 | 0,997 | 0,979 | 0,993 | 0,988 | 1     |       |       |     |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 0,209 | 0,129 | 0,033 | 0,165 | 0,101 | 0,973 | 0,982 | 0,977 | 0,983 | 0,987 | 0,950 | 0,990 | 0,989 | 0,984 | 1     |       |     |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 0,168 | 0,108 | 0,032 | 0,140 | 0,099 | 0,933 | 0,968 | 0,958 | 0,978 | 0,961 | 0,942 | 0,980 | 0,987 | 0,957 | 0,983 | 1     |     |
| Altre attività di servizi (S)  | 0,253 | 0,168 | 0,047 | 0,206 | 0,139 | 0,988 | 0,990 | 0,982 | 0,976 | 0,996 | 0,968 | 0,984 | 0,979 | 0,992 | 0,983 | 0,950 | 1   |

Tabella 14: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di imprese appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

### 6.2.2.3 Analisi econometrica

Nel seguente paragrafo viene definita l'analisi econometrica relativa al 2011 nel quale si tiene in considerazione come proxy dell'attività economica la densità di imprese (Tab. 15). Per quel che riguarda i modelli considerati, vengono prima trattati i modelli nei quali vengono considerati i settori in aggregato e, successivamente, vengono considerati i modelli nei quali vengono considerate le variabili relative ai settori maggiormente rappresentativi dell'industria e dei servizi. Per i modelli regressivi associati ai settori in aggregato la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N S_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $S_i$  rappresenta il settore i-esimo ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione. Invece, per tutti i modelli

regressivi relativi alle singole variabili dell'industria e dei servizi la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N A_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $A_i$  rappresenta il codice Ateco 1-digit dei settori  $i$ -esimi dell'industria e dei servizi ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione.

Il primo modello considerato, che riprende quanto detto nel paragrafo 6.2.1, mette in correlazione la densità della popolazione con l'intensità luminosa. L' $R^2$  corretto risulta essere pari a 0,410 mentre l'errore standard (SER) risulta essere pari a 9,646. Nel seguente modello sia il coefficiente che la costante risultano significativi per un livello di significatività pari zero. Aggiungendo al modello precedente la variabile relativa alla densità di imprese nel settore secondario si ottiene un modello nel quale tutte le variabili se valutate contemporaneamente (Test F) sono sempre statisticamente significative. Per quel che riguarda la bontà del modello, rispetto al caso precedente l' $R^2$  corretto è aumentato fino ad un valore pari a 0,665 invece, la deviazione standard assume (SER) un valore pari a 7,262. Per quel che riguarda le singole variabili si nota come la variabile associata al settore secondario e la costante sono sempre significativi mentre, la variabile associata alla densità di popolazione perde completamente di significatività. Sostituendo la variabile associata al settore secondario con la variabile associata al settore terziario si ottiene un risultato totalmente differente. Anche se l'ipotesi nulla relativa all'intero modello (Test F) viene rifiutata, si ottiene una bontà di adattamento molto simile al modello nel quale viene considerata solamente la variabile associata alla densità di popolazione. Inoltre, per quel che riguarda le singole variabili sia la costante che la densità di popolazione sono sempre significativi mentre la variabile associata al settore terziario non è mai significativa ( $p$ -value = 0,555). Mettendo insieme tutte le variabili (densità di popolazione, settore secondario e settore terziario) si ottiene sostanzialmente un risultato analogo al modello nel quale si considera la variabile associata alla densità di popolazione e al settore secondario. Ossia, un  $R^2$  corretto pari a 0,665 ed un SER pari a 7,267. Nel seguente modello la presenza della variabile associata al settore secondario consegue la perdita di significatività sia della variabile associata al settore terziario sia della variabile associata alla densità di popolazione. Per quel che riguarda le variabili in aggregato la variabile che spiega più di tutti la distribuzione dell'intensità luminosa relativa all'anno 2011 è la variabile associata al settore secondario mentre la variabile associata al settore terziario non conferisce nessun valore aggiunto al modello econometrico.

Successivamente vengono analizzate le variabili relative ai singoli settori per comprendere quali settori influenzano maggiormente l'esito ottenuto a livello aggregato. Del settore secondario, sulla base di ciò che è emerso nel capitolo precedente, viene inizialmente analizzato il settore della manifattura. Il primo modello econometrico è composto dalla densità di popolazione e dalla densità di imprese associate al settore manifatturiero. Per quel che riguarda il modello, esso è significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento si ottiene che l' $R^2$  corretto risulta essere pari a 0,624 mentre il SER risulta essere pari a 7,698. Per quel che riguarda le singole variabili risulta che sia la variabile associata al settore della manifattura sia la variabile associata alla densità di popolazione risultano sempre statisticamente significative. Pertanto, da ciò emerge che il settore della manifattura ha un effetto marginale significativo sul settore secondario ma non è tale da far perdere completamente di significatività l'influenza della variabile associata alla densità di popolazione. Aggiungendo le variabili associate ai restanti settori dell'industria, ossia il settore delle costruzioni, il settore della fornitura di energia e il settore della gestione dei rifiuti emerge un modello statisticamente significativo avente un

$R^2$  corretto pari a 0,666 ed un SER pari a 7,259. Per quel che riguarda le singole variabili non sono tutte statisticamente significative; infatti, la variabile associata alla densità di popolazione perde completamente di significatività (p-value = 0,940) e, in aggiunta anche la variabile associata al settore della fornitura di energia perde completamente significatività (p-value = 0,680). Invece, la variabile associata al settore della gestione dei rifiuti perde di significatività per un livello di confidenza inferiore di 0,061. Da ciò si evince che il settore delle costruzioni e il settore della manifattura hanno un effetto marginale tale da spiegare quasi completamente l'influenza che ha il settore secondario sull'intensità luminosa.

Invece, per quel che riguarda il settore terziario vengono considerati tre modelli. Il primo modello, oltre alla densità di popolazione, tiene in considerazione i settori dei servizi che, sulla base di quanto emerso nel paragrafo precedente, risultano essere maggiormente significativi; pertanto, sono stati presi in considerazione le variabili associate alla densità di imprese relative al settore del commercio, al settore dei trasporti, al settore della ristorazione, al settore delle comunicazioni e al settore delle attività finanziarie e assicurative. Il modello risulta essere statisticamente significativo, inoltre, alla funzione definita dal modello risulta un  $R^2$  corretto pari a 0,422 ed una variabilità della regressione (SER) pari a 9,542. Per quel che riguarda le singole variabili la densità di popolazione, il settore delle attività finanziarie, il settore della ristorazione e il settore del trasporto risultano essere sempre significative. Inoltre, a differenza degli altri due settori significativi, al settore dei trasporti è associato un coefficiente negativo ciò potrebbe significare che nelle località in cui sono presenti attività economiche associate al trasporto e al magazzinaggio sono collocate in aree periferiche e, allo stesso tempo, nelle località in cui è presente una notevole densità di popolazione non sono presenti imprese dei trasporti e del magazzinaggio. All'opposto il settore della comunicazione perde completamente di significatività nel modello. Invece, il settore del commercio è significativo per un livello di fiducia superiore a 0,046 e, come per il settore dei trasporti, anche al settore del commercio è associato un coefficiente negativo e ciò potrebbe significare che i grandi centri commerciali o i centri della grande distribuzione (GDO) sono collocati nelle zone periferiche della città mentre invece i siti commerciali di minore entità con collocati nelle località maggiormente dense di popolazione. Dal seguente modello si evince che il settore terziario non perde completamente di significatività poiché 3/5 delle variabili risulta essere significativo.

Il secondo modello, oltre alla densità di popolazione, si concentra sui servizi prevalentemente pubblici ossia l'istruzione e la sanità. Il seguente modello risulta essere statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà del modello, si ha un  $R^2$  corretto pari a 0,409 ed un SER pari a 9,648. Considerando le singole variabili si nota come sia il settore dell'istruzione sia il settore della sanità non sono mai statisticamente significative in quanto alle variabili è associato un p-value rispettivamente pari a 0,241 e 0,301. Infine nel terzo modello, oltre alla densità di popolazione, vengono considerate le variabili rappresentative di tutti i settori dei servizi ossia: il settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio, il settore del trasporto, il settore della ristorazione e degli alloggi, settore delle comunicazioni, il settore della finanza, il settore dei servizi immobiliari, il settore delle attività scientifiche, il settore delle agenzie di supporto alle imprese, il settore dell'istruzione, il settore della sanità, il settore delle attività sportive e dell'intrattenimento ed altri settori di minore rilevanza. Anche in questo caso, il modello risulta statisticamente significativo e, alla funzione definita dal modello è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,446 ed un SER pari a 9,343. Le uniche variabili che sono sempre statisticamente significative sono relative alla densità di popolazione, al trasporto e al magazzinaggio, alla sanità e alle attività di intrattenimento. Di queste variabili, al settore dei trasporti e alla sanità è associato un coefficiente negativo. Invece, il settore delle attività finanziarie e il settore dell'istruzione risultano essere significativi per un livello di confidenza rispettivamente superiore al 0,011 e al 0,069.

Per concludere, si nota che i settori che spiegano maggiormente l'andamento dell'intensità luminosa risultano essere il settore della manifattura e il settore delle costruzioni. Inoltre, per ognuno dei modelli è garantita sia la normalità dei residui e sia che il valore atteso degli stessi è nullo. Ulteriori approfondimenti relativamente ai residui sono presenti nell'Appendice M.

Tabella 15: Analisi econometriche relative alla densità di imprese.

**Variabile dipendente: DN**

| <b>Regressori</b>   | <b>(1)</b>                 | <b>(2)</b>                 | <b>(3)</b>                 | <b>(4)</b>                 | <b>(5)</b>                 | <b>(6)</b>                 | <b>(7)</b>                 | <b>(8)</b>                | <b>(9)</b>                 |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Densità della popolazione (DP)</b>   | 0,0272<br>(0,0013)<br>***  | 0,0021<br>(0,0015)         | 0,0274<br>(0,0014)<br>***  | 0,0020<br>(0,0016)         | 0,0086<br>(0,0015)<br>***  | 0,0001<br>(0,0019)         | 0,0273<br>(0,0014)<br>***  | 0,0276<br>(0,0014)<br>*** | 0,0281<br>(0,0014)<br>***  |
| <b>Settore secondario (SS)</b>  |                            | 2,1835<br>(0,1010)<br>***  |                            | 2,1852<br>(0,1013)<br>***  |                            |                            |                            |                           |                            |
| <b>Settore terziario (ST)</b>   |                            |                            | -0,0026<br>(0,0045)        | 0,0011<br>(0,0034)         |                            |                            |                            |                           |                            |
| <b>Attività manifatturiere (C)</b>  |                            |                            |                            |                            | 3,4200<br>(0,1832)<br>***  | 2,0216<br>(0,2373)<br>***  |                            |                           |                            |
| <b>Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)</b>                  |                            |                            |                            |                            |                            | -3,0177<br>(7,3052)        |                            |                           |                            |
| <b>Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E)</b> |                            |                            |                            |                            |                            | 18,6354<br>(9,9450)<br>*   |                            |                           |                            |
| <b>Costruzioni (F)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            | 2,2280<br>(0,3170)<br>***  |                            |                           |                            |
| <b>Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)</b>    |                            |                            |                            |                            |                            |                            | -0,2687<br>(0,1339)<br>**  |                           | 0,2324<br>(0,2522)         |
| <b>Trasporto e magazzinaggio (H)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            | -3,1498<br>(1,0105)<br>*** |                           | -4,5746<br>(1,4245)<br>*** |
| <b>Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)</b>                               |                            |                            |                            |                            |                            |                            | 1,0610<br>(0,3687)<br>***  |                           | 0,4075<br>(0,5978)         |
| <b>Servizi di informazione e comunicazione (J)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            | -1,1979<br>(1,0102)        |                           | 2,2437<br>(2,8167)         |
| <b>Attività finanziarie e assicurative (K)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            | 5,0627<br>(1,7491)<br>***  |                           | 9,4239<br>(3,6860)<br>**   |
| <b>Attività immobiliari (L)</b>   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           | -0,0139<br>(0,6299)        |
| <b>Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)</b>                                  |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           | 0,2044<br>(0,5253)         |
| <b>Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)</b>                   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           | -3,4319<br>(2,3159)        |
| <b>Istruzione (P)</b>   |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            | -2,7930<br>(2,3815)       | -18,6198<br>(10,2368)<br>* |
| <b>Sanità e assistenza sociale (Q)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            | 0,2844<br>(0,2745)        | -2,5885<br>(0,8631)<br>*** |
| <b>Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)</b>                 |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           | 8,2386<br>(3,0022)<br>***  |
| <b>Altre attività di servizi (S)</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           | 0,5916<br>(1,9644)         |
| <b>Intercetta</b>   | 13,6938<br>(0,4764)<br>*** | 11,0782<br>(0,3786)<br>*** | 13,7119<br>(0,4777)<br>*** | 11,0688<br>(0,3740)<br>*** | 12,0292<br>(0,3905)<br>*** | 11,0843<br>(0,3913)<br>*** | 13,2566<br>(0,4970)<br>*** | 13,656<br>(0,4794)<br>*** | 12,6080<br>(0,5091)<br>*** |
| <b>Statistiche descrittive</b>  |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                           |                            |
| <b>R<sup>2</sup> corretto</b>   | 0,4095                     | 0,6653                     | 0,4089                     | 0,6648                     | 0,6240                     | 0,6656                     | 0,4222                     | 0,4093                    | 0,4460                     |
| <b>SER</b>  | 9,6464                     | 7,2623                     | 9,6515                     | 7,2676                     | 7,6975                     | 7,2586                     | 9,5419                     | 9,6481                    | 9,3433                     |
| <b>F</b>  | (424,0)<br>***             | (607,3)<br>***             | (212,9)<br>***             | (404,3)<br>***             | (507,2)<br>***             | (243,9)<br>***             | (75,3)<br>***              | (141,9)<br>***            | (37,8)<br>***              |

Nota: le colonne contengono i coefficienti degli stimatori OLS. Il valore principale corrisponde al coefficiente stimato mentre, il valore compreso tra le parentesi corrisponde alla deviazione standard. Gli asterischi corrispondono ai gradi di significatività per il quale la variabile risulta statisticamente significativa e dunque non vale l'ipotesi nulla. In ordine di sequenza \*p<0,1, \*\* p<0,05, \*\*\* p<0,01.

### 6.2.3 Densità di addetti

Nel seguente paragrafo si considerano le variabili associate alla densità di addetti e, come per il paragrafo precedente, vengono considerati parallelamente due modelli, il primo si riferisce ai settori secondario e terziario a livello aggregato mentre nel secondo si considerano le variabili associate ai singoli settori dell'industria e dei servizi. Per quel che riguarda l'organizzazione del seguente paragrafo, si ha una suddivisione in tre parti. Nella prima parte viene affrontata una parte dedicata alle statistiche univariate nel quale si confrontano le singole variabili con l'intensità luminosa. Nella seconda parte vengono espone le statistiche descrittive delle variabili e la correlazione nel confronto a coppie tra le stesse. Nella terza parte vengono definiti i modelli econometrici considerati per ambedue le tipologie di analisi.

#### 6.2.3.1 Analisi univariate

In questo paragrafo sono messe a confronto la variabile associata al numero di addetti per km<sup>2</sup> con la variabile dell'intensità media luminosa.

Il primo confronto posto in essere riguarda la correlazione tra l'intensità luminosa dei pixel e la densità di addetti per i settori secondario (Fig. 56) e terziario (Fig. 57). In entrambi i confronti emerge una correlazione positiva con l'intensità luminosa; tuttavia, il settore secondario ha una correlazione maggiore con l'intensità luminosa rispetto al settore terziario che ha una dispersione dei punti tale per cui la funzione che approssima tali punti sembra essere indifferente alla densità di addetti. Tale considerazione riflette ciò che emerso nel paragrafo precedente ovvero che il settore secondario sembra avere un maggior impatto sull'intensità luminosa rispetto al settore terziari, infatti, facendo un confronto tra le variabili che rappresentano l'attività economica emerge che la variabile associata alla densità di addetti sembra avere una correlazione più debole con l'intensità luminosa rispetto alla variabile associata alla densità di imprese. Per quel che riguarda la bontà di adattamento, alla funzione che approssima la correlazione tra intensità luminosa e settore secondario è associato un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,652, mentre invece alla funzione che approssima la correlazione tra l'intensità luminosa e il settore terziario è associato un R<sup>2</sup> corretto pari a 0,015.

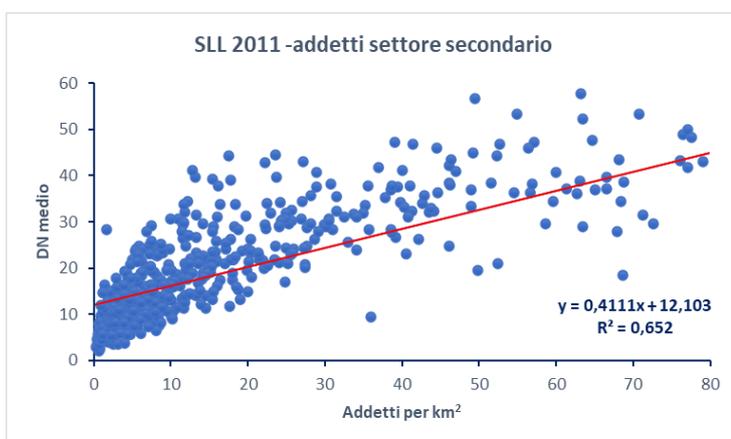


Figura 56: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km<sup>2</sup> appartenenti al settore secondario.

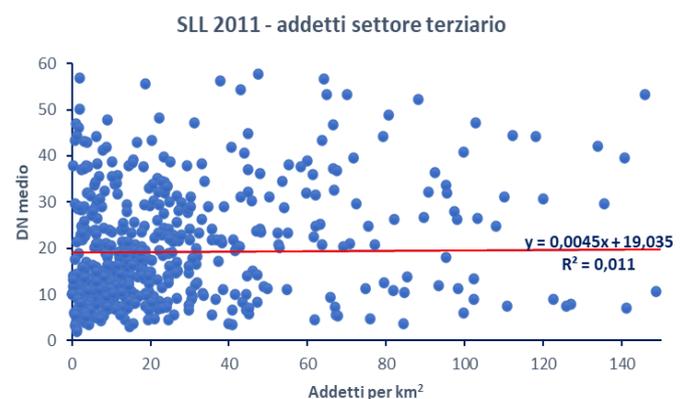


Figura 57: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km<sup>2</sup> appartenenti al settore secondario.

Infine, un'ulteriore valutazione posta in essere riguarda il confronto tra l'intensità luminosa ed alcuni dei settori più rilevanti. Per quel che riguarda il settore secondario sono stati considerati sia il settore manifatturiero (Fig. 58) sia il settore delle costruzioni (Fig. 59). Nonostante il settore manifatturiero sia più presente nel territorio rispetto al settore delle costruzioni, utilizzando come variabili il numero di addetti per km<sup>2</sup> emerge che il settore delle costruzioni impatta maggiormente sull'intensità luminosa rispetto al settore manifatturiero; inoltre, alla funzione che approssima le correlazioni tra l'intensità luminosa e la manifattura e le costruzioni è associato un R<sup>2</sup> corretto rispettivamente pari a 0,598 e 0,602. Tuttavia, facendo un confronto con il settore dei rifiuti e dell'energia emerge che il settore dell'energia risulta avere una correlazione più significativa con l'intensità luminosa rispetto ai restanti settori anche se ad entrambi i settori è associato un basso numero di addetti. Inoltre, facendo un confronto con ciò che emerso nel paragrafo precedente emerge che la variabile associata alla densità di imprese abbia una correlazione positiva con l'intensità luminosa maggiore rispetto alla variabile associata alla densità di addetti.

Infine, sono stati presi in considerazione alcuni settori appartenenti al settore dei servizi. In particolare, sono stati presi in considerazione il settore del commercio (Fig. 60), settore della ristorazione (Fig. 61), settore dell'istruzione (Fig. 62) e settore della sanità (Fig. 63). Tra i settori considerati, il settore dell'istruzione risulta avere una correlazione positiva con l'intensità luminosa più significativa rispetto agli altri settori e, inoltre tra i settori a più bassa densità di addetti. Inoltre, per quel che riguarda la bontà di adattamento si nota che tutti i confronti a coppie tra intensità luminose e le singole variabili associate al settore dei servizi hanno una funzione, che approssima le rispettive distribuzioni di punti, avente un R<sup>2</sup> compreso tra 0,015 e 0,007. Nel complesso si nota come il settore secondario abbia un maggior impatto sull'intensità luminosa presente sul territorio italiano rispetto al settore terziario.

Ulteriori approfondimenti si trovano negli Appendici H e J.

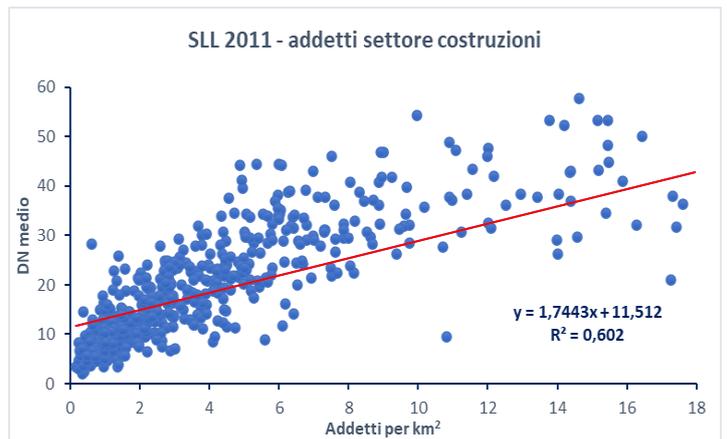
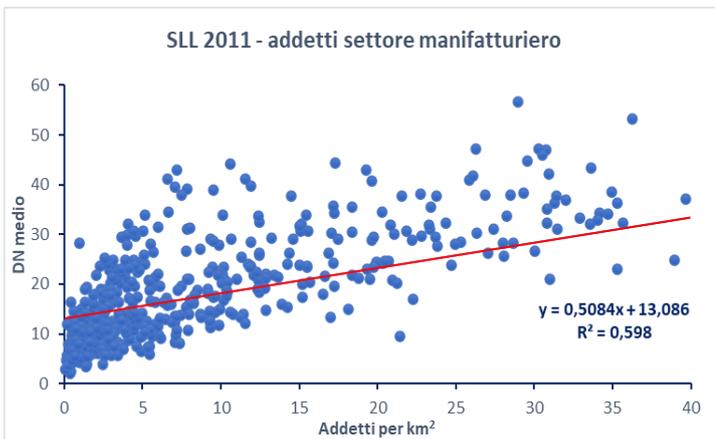


Figura 58: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km<sup>2</sup> appartenenti al settore manifatturiero.

Figura 59: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km<sup>2</sup> appartenenti al settore delle costruzioni.

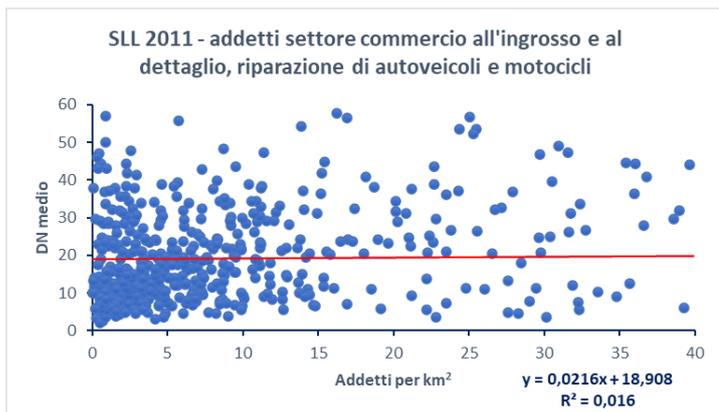


Figura 60: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km² appartenenti al settore del commercio.



Figura 61: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km² appartenenti al settore della ristorazione.

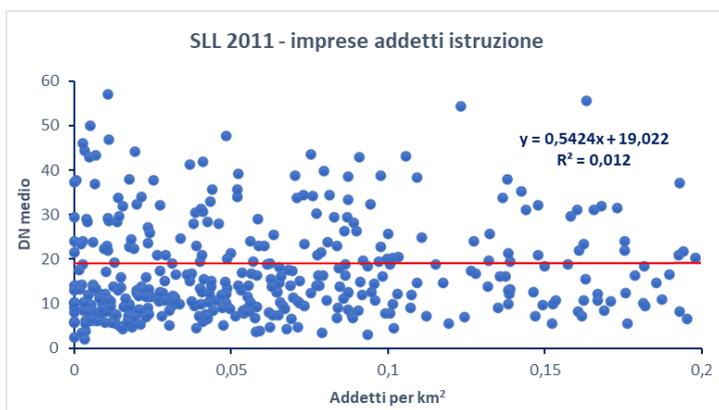


Figura 62: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km² appartenenti al settore dell'istruzione.

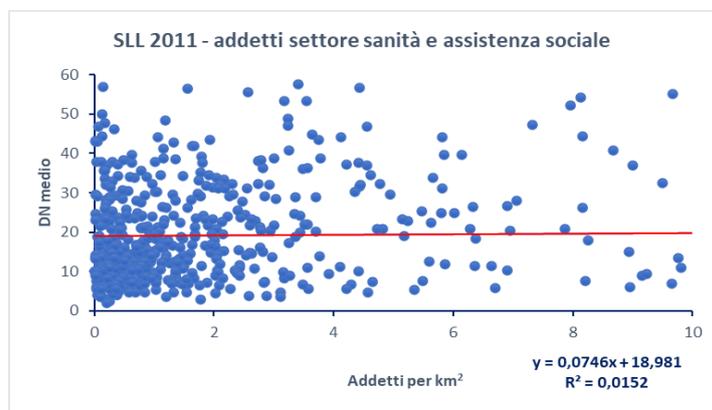


Figura 63: grafico di dispersione tra l'intensità luminosa e il numero di addetti per km² appartenenti al settore della sanità.

### 6.2.3.2 Statistiche descrittive e correlazioni fra variabili

Nel seguente paragrafo vengono considerate come variabili di rappresentazione dell'attività economica la densità di addetti. Come nel paragrafo precedente, vengono prima considerate le variabili ad un livello aggregato ossia considerando il settore secondario e il settore terziario e successivamente, vengono considerate le variabili associate ai settori più rappresentativi del settore dell'industria e del settore dei servizi.

Per quel che riguarda le statistiche descrittive relative al settore secondario e terziario in aggregato (Tab. 16) si nota come il settore terziario abbia una densità di addetti pari al doppio rispetto al settore secondario ed anche una variabilità molto significativa. Anche per il 2011 si nota che se viene utilizzata la densità di addetti come proxy dell'attività economica si riduce il gap tra il settore terziario e il settore secondario. Inoltre, si riflette una riduzione della densità di addetti sia per il settore dell'industria sia per il settore dei servizi.

| Variables                      | Count | Mean   | Median | Std Dev. | Max     | Min  |
|--------------------------------|-------|--------|--------|----------|---------|------|
| Intensità luminosa (DN)        | 611   | 18,16  | 14,99  | 12,60    | 60,45   | 1,99 |
| Densità della popolazione (DP) | 611   | 196,52 | 119,47 | 295,20   | 3106,55 | 1,87 |
| Settore secondario (SS)        | 611   | 17,43  | 7,68   | 24,65    | 212,66  | 0,32 |
| Settore terziario (ST)         | 611   | 36,07  | 15,26  | 312,80   | 4780,19 | 0    |

Tabella 16: Statistiche descrittive relative alla densità di addetti appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Un'ulteriore valutazione riguarda gli effetti nei singoli settori (Tab. 17).

Per quel che riguarda il settore secondario, considerando la densità di addetti, si nota una maggior rilevanza del settore della manifattura rispetto ai restanti settori. In particolare, considerando le variabili associate alla densità di imprese, il settore delle costruzioni (F) e il settore della manifattura (C) hanno una differenza molto piccola invece, considerando le variabili associate alla densità degli addetti si nota che la densità delle attività manifatturiere è circa il triplo rispetto al settore delle costruzioni. Invece, per quel che riguarda l'altro indice di tendenza centrale, ovvero la mediana, emerge che almeno il 50 % dei Sistemi Locali del Lavoro è composta da aziende con un valore medio di addetti molto prossimo al valore di minimo. Invece, per quel che riguarda i settori dei servizi, il settore con più addetti risulta essere il settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio (G) e, la variabile associata ha una variabilità superiore rispetto agli altri settori. Per quel che riguarda il valore mediano, si nota anche in questa tipologia di modello una forte orientazione verso i valori di minimo, pertanto, ciò sembra riflettere un significativo numero di imprese aventi un modesto numero di addetti e dunque una prevalenza delle piccole imprese.

| Variables  | Count | Mean   | Median | Std. Dev. | Max     | Min  |
|--|-------|--------|--------|-----------|---------|------|
| Intensità luminosa (DN)  | 611   | 18,16  | 14,99  | 12,60     | 60,45   | 1,99 |
| Densità della popolazione (DP)   | 611   | 196,52 | 119,47 | 295,20    | 3106,55 | 1,87 |
| Attività manifatturiere (C)  | 611   | 12,05  | 4,45   | 19,09     | 148,77  | 0,07 |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 611   | 0,29   | 0,10   | 0,47      | 6,32    | 0    |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 611   | 0,61   | 0,25   | 1,07      | 10,20   | 0    |
| Costruzioni (F)  | 611   | 4,47   | 2,47   | 5,58      | 51,45   | 0,17 |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 611   | 10,98  | 5,30   | 77,53     | 1196,42 | 0    |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 611   | 3,56   | 1,16   | 31,54     | 472,83  | 0    |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 611   | 4,28   | 2,49   | 28,57     | 412,80  | 0    |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 611   | 1,75   | 0,26   | 28,94     | 423,91  | 0    |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 611   | 1,91   | 0,56   | 21,00     | 354,52  | 0    |
| Attività immobiliari (L)   | 611   | 0,95   | 0,30   | 8,36      | 134,71  | 0    |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 611   | 3,96   | 1,38   | 40,92     | 702,50  | 0    |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 611   | 3,72   | 0,80   | 41,29     | 660,97  | 0    |
| Istruzione (P)   | 611   | 0,32   | 0,10   | 2,68      | 38,25   | 0    |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 611   | 2,61   | 1,04   | 20,81     | 291,06  | 0    |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 611   | 0,56   | 0,22   | 4,58      | 78,85   | 0    |
| Altre attività di servizi (S)  | 611   | 1,48   | 0,70   | 10,33     | 151,50  | 0    |

Tabella 17: Statistiche descrittive relative alla densità di addetti appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

Un'ulteriore valutazione si concentra sulle correlazioni tra variabili. In aggregato (Tab. 18), si nota come il settore terziario ha una correlazione con la densità di popolazione d'intensità pari a 0,211 mentre invece il coefficiente di correlazione tra il settore secondario e il settore terziario è trascurabile ( $\rho_{SSST}=0,088$ ). Invece, l'intensità di correlazione tra la densità degli addetti del settore secondario e la densità di popolazione si è ridotta rispetto all'intensità di correlazione fra la densità di imprese e la densità di popolazione passando da 0,760 a 0,661.

| Variables                      | (DP)  | (SS)  | (ST) |
|--------------------------------|-------|-------|------|
| Densità della popolazione (DP) | 1     |       |      |
| Settore secondario (SS)        | 0,661 | 1     |      |
| Settore terziario (ST)         | 0,211 | 0,088 | 1    |

Tabella 18: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di addetti appartenenti settore secondario e il settore terziario.

Delle correlazioni fra le variabili relative ai singoli settori dell'industria e dei servizi (Tab. 19) si ottengono dei risultati abbastanza simili agli esiti che sono emersi nel confronto fra le densità di imprese.

Infatti, si nota come tra variabili associate ai settori appartenenti rispettivamente nel settore secondario e nel settore terziario è presente una correlazione significativa mentre, tra variabili appartenenti a settori differenti emerge un'intensità di correlazione non significativa. Un'ulteriore considerazione riguarda la correlazione fra le variabili associate agli addetti e la variabile che rappresenta la densità di popolazione, anche in questo caso emerge una correlazione significativa tra la densità di popolazione e la densità di addetti appartenenti a settori dell'industria e allo stesso tempo, emerge una correlazione trascurabile tra la densità di popolazione e la densità di addetti appartenenti al settore dei servizi. In particolare, rispetto a ciò che emerso nel paragrafo precedente, la correlazione fra il settore della fornitura di energia (E) e i settori della gestione dei rifiuti (E) e delle costruzioni (F) è aumentata; invece, le rimanenti correlazioni fra i settori dell'industria, se confrontati con la variabile associata alla densità di addetti, sono diminuite.

Inoltre, l'intensità di correlazione tra le variabili relative ai settori dei servizi è molto significativa, infatti, il coefficiente di correlazione assume un valore almeno pari a 0,951. Per quel che riguarda la correlazione tra le variabili del settore dell'industria emergono alcune variazioni.

| Variables  | (DP)  | (C)   | (D)   | (E)   | (F)   | (G)   | (H)   | (I)   | (J)   | (K)   | (L)   | (M)   | (N)   | (P)   | (Q)   | (R)   | (S) |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Densità della popolazione (DP)   | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività manifatturiere (C)  | 0,564 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  | 0,575 | 0,457 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) | 0,791 | 0,548 | 0,697 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Costruzioni (F)  | 0,791 | 0,778 | 0,711 | 0,826 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    | 0,234 | 0,083 | 0,118 | 0,206 | 0,137 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  | 0,191 | 0,053 | 0,107 | 0,170 | 0,102 | 0,973 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               | 0,224 | 0,070 | 0,166 | 0,225 | 0,158 | 0,965 | 0,974 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  | 0,197 | 0,049 | 0,085 | 0,149 | 0,082 | 0,958 | 0,973 | 0,948 | 1     |       |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  | 0,200 | 0,061 | 0,095 | 0,157 | 0,097 | 0,982 | 0,965 | 0,946 | 0,979 | 1     |       |       |       |       |       |       |     |
| Attività immobiliari (L)   | 0,230 | 0,093 | 0,107 | 0,188 | 0,132 | 0,978 | 0,937 | 0,938 | 0,952 | 0,984 | 1     |       |       |       |       |       |     |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  | 0,199 | 0,063 | 0,100 | 0,162 | 0,102 | 0,986 | 0,969 | 0,949 | 0,976 | 0,998 | 0,981 | 1     |       |       |       |       |     |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   | 0,167 | 0,045 | 0,086 | 0,134 | 0,080 | 0,975 | 0,986 | 0,958 | 0,981 | 0,984 | 0,952 | 0,988 | 1     |       |       |       |     |
| Istruzione (P)   | 0,202 | 0,065 | 0,082 | 0,170 | 0,102 | 0,974 | 0,974 | 0,944 | 0,944 | 0,949 | 0,922 | 0,958 | 0,972 | 1     |       |       |     |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  | 0,229 | 0,074 | 0,093 | 0,190 | 0,115 | 0,985 | 0,983 | 0,965 | 0,976 | 0,972 | 0,957 | 0,972 | 0,977 | 0,976 | 1     |       |     |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 | 0,158 | 0,054 | 0,095 | 0,146 | 0,100 | 0,938 | 0,978 | 0,970 | 0,947 | 0,925 | 0,891 | 0,931 | 0,965 | 0,955 | 0,961 | 1     |     |
| Altre attività di servizi (S)  | 0,231 | 0,087 | 0,107 | 0,196 | 0,130 | 0,996 | 0,979 | 0,970 | 0,971 | 0,984 | 0,979 | 0,986 | 0,979 | 0,971 | 0,990 | 0,949 | 1   |

Tabella 19: Correlazioni tra le variabili relative alla densità di addetti appartenenti ai settori delineati dalla suddivisione Ateco 1 cifra.

### 6.2.3.3 Analisi econometrica

Nel seguente paragrafo viene definita, l'altra analisi econometrica relativa al 2011 nel quale si tiene in considerazione la densità di addetti come proxy dell'attività economica (Tab. 20). Per quel che riguarda i modelli considerati, vengono prima trattati i modelli nei quali vengono considerati i settori in aggregato e, successivamente, vengono considerati i modelli nei quali vengono considerate le variabili relative ai settori maggiormente rappresentativi dell'industria e dei servizi. Per i modelli regressivi associati ai settori in aggregato la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N S_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $S_i$  rappresenta il settore  $i$ -esimo ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione. Invece, per tutti i modelli regressivi relativi alle singole variabili dell'industria e dei servizi la funzione è caratterizzata dall'equazione:

$$DN = DP + \sum_{i=1}^N A_i + \varepsilon$$

DN rappresenta l'intensità luminosa, DP rappresenta la variabile associata alla densità di popolazione,  $A_i$  rappresenta il codice Ateco 1-digit dei settori  $i$ -esimi dell'industria e dei servizi ed  $\varepsilon$  rappresenta l'errore di regressione.

Poiché il modello relativo alla correlazione tra la densità di popolazione e l'intensità luminosa è stato trattato nel paragrafo 6.2.2.3, si considera direttamente il modello nel quale oltre alla densità di popolazione si considera anche la densità di addetti operanti nel settore secondario. Dalle analisi emerge che il modello è statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà del modello, all'equazione econometrica è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,672 ed un errore standard (SER) pari a 7,189. Per quel che riguarda le singole variabili sono tutte sempre significative. Inoltre, si nota come in questo modello l'aggiunta della variabile associata al settore secondario aumenta l'efficacia della modello econometrico. Se la variabile associata al settore secondario viene sostituita con la variabile associata al settore terziario si nota come la quantità di informazione spiegata è approssimativamente uguale al modello nel quale viene considerata solo la variabile associata alla densità di popolazione. Infatti, seppur il modello è statisticamente significativo, l' $R^2$  corretto risulta pari a 0,409 mentre l'errore standard risulta pari a 9,649. Per quel che riguarda le singole variabili si nota come la densità di addetti appartenenti al settore terziario non è mai significativa per cui non aggiunge informazione. Invece, se a tale modello si aggiunge anche la variabile relativa alla densità di addetti del settore secondario si nota come l'unica variabile statisticamente non significativa risulta ancora essere la variabile associata al settore terziario. Nel complesso, il modello risulta statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà del modello si nota come l' $R^2$  corretto risulta essere pari a 0,672 mentre il SER risulta essere pari a 7,193. In conclusione, si nota come il settore secondario è il settore che influenza maggiormente l'intensità luminosa presente sul territorio italiano mentre la densità della popolazione influenza in maniera più contenuta.

Un ulteriore analisi riguarda i singoli settori che influenzano maggiormente l'intensità luminosa. Per quel che riguarda il settore secondario viene presa in considerazione l'industria manifatturiera. Il modello è statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento, risulta un  $R^2$  corretto pari a 0,659 ed un SER pari a 7,330. Per quel che riguarda le singole variabili sono tutte statisticamente significative. Aggiungendo anche i restanti settori dell'industria si nota che l'unico settore la cui variabile non è mai statisticamente significativa risulta essere il settore della gestione dei rifiuti. Per quel che riguarda il settore della fornitura di energia, il coefficiente ad esso assegnato è negativo, ciò potrebbe implicare che tali imprese sono collocate nelle zone periferiche della città e che le infrastrutture presenti non impegnino una sufficiente densità di addetti tale da poter impattare sull'intensità luminosa presente. Inoltre, il modello risulta statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento, l' $R^2$  corretto è pari a 0,719 mentre il SER è pari a 6,659.

Per quel che riguarda i settori dei servizi sono considerati tre modelli. Il primo modello, oltre alla densità di popolazione, considera la variabile associata agli assetti dei settori dei servizi maggiormente rappresentativi del settore terziario sulla base di quanto è emerso nei paragrafi precedenti. I settori in questione sono: il settore del commercio, il settore dei trasporti, il settore della ristorazione, il settore delle comunicazioni e il settore delle attività finanziarie e assicurative. Il modello risulta essere statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà dello stesso si ha un  $R^2$  corretto pari a 0,412 e un SER pari a 9,627. Per quel che riguarda le singole variabili, oltre all'intercetta, risulta statisticamente significativa solamente la variabile associata alla densità di popolazione. Il secondo modello considera i settori prevalentemente pubblici ossia il settore della sanità e il settore dell'istruzione oltre che la densità di popolazione. Anche in questo caso l'unica variabile statisticamente significativa risulta essere la densità di popolazione. Pertanto, considerando la densità di addetti sia la sanità sia l'istruzione non apportano un valore aggiunto al modello. Quest'ultimo risulta statisticamente significativo con un  $R^2$  corretto pari a 0,410 ed un SER pari a 9,643. Infine, il terzo modello, oltre alla densità di popolazione tiene in considerazione tutti i settori dei servizi ossia: il settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio, il settore dei trasporti, il settore della ristorazione e

degli alloggi, settore delle comunicazioni, il settore della finanza, il settore dei servizi immobiliari, il settore delle attività scientifiche, il settore delle agenzie di supporto alle imprese, il settore dell'istruzione, il settore della sanità, il settore delle attività sportive e dell'intrattenimento ed altri settori di minore rilevanza. Il modello risulta essere statisticamente significativo e, per quel che riguarda la bontà di adattamento della funzione risulta un  $R^2$  corretto pari a 0,436 un SER pari a 9,425. Le uniche variabili che risultano sempre statisticamente significative sono la densità di popolazione e il settore dell'intrattenimento. Pertanto, per quel che riguarda il settore terziario solo il settore dell'intrattenimento risulta sempre significativo. Invece, il settore del trasporto e del magazzinaggio, il settore della ristorazione e il settore comprendente tutti gli altri servizi non considerati in maniera esplicita risultano significativi per un livello di confidenza superiore rispettivamente a 0,029, 0,019 e 0,013.

Per concludere, si nota che i settori che spiegano maggiormente l'andamento dell'intensità luminosa risultano essere il settore della manifattura, il settore delle costruzioni, il settore della fornitura di energia e il settore dell'intrattenimento. Inoltre, per ognuno dei modelli è garantita sia la normalità dei residui e sia che il valore atteso degli stessi è nullo. Ulteriori approfondimenti relativamente ai residui sono presenti nell'Appendice N.

Tabella 20: Analisi econometriche relative alla densità di addetti.

#### Variabile dipendente: DN

| Regressori   | (1)                       | (2)                       | (3)                       | (4)                       | (5)                       | (6)                        | (7)                       | (8)                       | (9)                       |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Densità della popolazione (DP)   | 0,0272<br>(0,0013)<br>*** | 0,0080<br>(0,0013)<br>*** | 0,0275<br>(0,0014)<br>*** | 0,0079<br>(0,0013)<br>*** | 0,0127<br>(0,0012)<br>*** | 0,0056<br>(0,0016)<br>***  | 0,0269<br>(0,0014)<br>*** | 0,0277<br>(0,0014)<br>*** | 0,0286<br>(0,0014)<br>*** |
| Settore secondario (SS)  |                           | 0,3475<br>(0,0157)<br>*** |                           | 0,3481<br>(0,0158)<br>*** |                           |                            |                           |                           |                           |
| Settore terziario (ST)   |                           |                           | -0,001<br>(0,0013)        | 0,0005<br>(0,001)         |                           |                            |                           |                           |                           |
| Attività manifatturiere (C)  |                           |                           |                           |                           | 0,3975<br>(0,0188)<br>*** | 0,2483<br>(0,0236)<br>***  |                           |                           |                           |
| Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata (D)                  |                           |                           |                           |                           |                           | -7,6426<br>(0,8651)<br>*** |                           |                           |                           |
| Fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento (E) |                           |                           |                           |                           |                           | -0,0015<br>(0,5166)        |                           |                           |                           |
| Costruzioni (F)  |                           |                           |                           |                           |                           | 1,3049<br>(0,1334)<br>***  |                           |                           |                           |
| Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli (G)    |                           |                           |                           |                           |                           |                            | 0,0589<br>(0,0403)        |                           | -0,0376<br>(0,0970)       |
| Trasporto e magazzinaggio (H)  |                           |                           |                           |                           |                           |                            | -0,0114<br>(0,0847)       |                           | -0,2570<br>(0,1172)<br>** |
| Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione (I)                               |                           |                           |                           |                           |                           |                            | 0,0031<br>(0,0655)        |                           | -0,2225<br>(0,0941)<br>** |
| Servizi di informazione e comunicazione (J)  |                           |                           |                           |                           |                           |                            | -0,0805<br>(0,0912)       |                           | -0,1820<br>(0,1198)       |
| Attività finanziarie e assicurative (K)  |                           |                           |                           |                           |                           |                            | -0,1090<br>(0,1573)       |                           | -0,6052<br>(0,3953)       |
| Attività immobiliari (L)   |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                           | 0,4311<br>(0,4660)        |
| Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)                                  |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                           | 0,0811<br>(0,2384)        |
| Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese (N)                   |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                           | 0,2221<br>(0,1459)        |
| Istruzione (P)   |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           | 0,8899<br>(0,6690)        | -0,9360<br>(1,1516)       |
| Sanità e assistenza sociale (Q)  |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           | -0,1276<br>(0,0868)       | -0,2253<br>(0,2318)       |
| Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento (R)                 |                           |                           |                           |                           |                           |                            |                           |                           | 1,8855                    |

(0,6605)

\*\*\*

1,6905

(0,6786)

\*\*

Altre attività di servizi (S)

|            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Intercepta | 13,6938<br>(0,4764)<br>*** | 11,5583<br>(0,3679)<br>*** | 13,7111<br>(0,4771)<br>*** | 11,5458<br>(0,3689)<br>*** | 11,8152<br>(0,3728)<br>*** | 10,9432<br>(0,3538)<br>*** | 13,3351<br>(0,5045)<br>*** | 13,6980<br>(0,4770)<br>*** | 12,7129<br>(0,5160)<br>*** |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

**Statistiche descrittive**

|                         |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                         |                          |                         |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| R <sup>2</sup> corretto | 0,4095                   | 0,6721                   | 0,4091                   | 0,6717                   | 0,6590                   | 0,7186                   | 0,4118                  | 0,4099                   | 0,4363                  |
| SER                     | 9,6464<br>(424,0)<br>*** | 7,1886<br>(626,1)<br>*** | 9,6496<br>(212,2)<br>*** | 7,1929<br>(417,0)<br>*** | 7,3302<br>(590,5)<br>*** | 6,6586<br>(312,6)<br>*** | 9,6273<br>(72,2)<br>*** | 9,6434<br>(142,2)<br>*** | 9,4253<br>(37,3)<br>*** |
| F                       |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                         |                          |                         |

Nota: le colonne contengono i coefficienti degli stimatori OLS. Il valore principale corrisponde al coefficiente stimato mentre, il valore compreso tra le parentesi corrisponde alla deviazione standard. Gli asterischi corrispondono ai gradi di significatività per il quale la variabile risulta statisticamente significativa e dunque non vale l'ipotesi nulla. In ordine di sequenza \*p<0,1, \*\* p<0,05, \*\*\* p<0,01.

### 6.2.4 Confronto tra i modelli econometrici del 2011

I modelli econometrici considerati presentano numerose analogie come ad esempio, la capacità del settore secondario di influenzare la distribuzione d'intensità luminosa presente sul territorio; tuttavia, ci sono alcuni elementi che presentano delle differenze. Per quel che riguarda i modelli nei quali si considerano le variabili in aggregato si nota che utilizzando la variabile associata alla densità di addetti, la variabile associata alla densità di popolazione non perde mai di significatività. Inoltre, per quel che riguarda la bontà di adattamento, sia se vengono utilizzate come variabili la densità di imprese sia se vengono utilizzate come variabili la densità di addetti, sia l'R<sup>2</sup> corretto sia il SER presentano valore approssimativamente simili.

Per quel che riguarda i singoli settori dell'industria, si nota che adottando come proxy dell'attività industriale la densità di addetti risultano statisticamente significativi il settore della manifattura, il settore delle costruzioni e il settore della fornitura di energia; invece, considerando la densità di imprese risultano sempre statisticamente significative solamente il settore della manifattura e il settore delle costruzioni mentre il settore della gestione dei rifiuti diventa statisticamente significativo solamente con un livello di fiducia superiore a 0,061.

Infine, per quel che riguarda le variabili associate ai singoli settori dei servizi emergono alcune sostanziali differenze. Nel primo modello vengono considerate le variabili associate ai settori del commercio, dei trasporti, della ristorazione, delle comunicazioni e delle attività finanziarie e assicurative. Se si considerano come variabili la densità di imprese risulta che il settore delle comunicazioni non è mai statisticamente significativo mentre, il settore del commercio perde di significatività con un livello di confidenza inferiore a 0,045. Invece, il settore del trasporto, della ristorazione e delle attività finanziarie risultano sempre statisticamente significativi. All'opposto, se viene considerata la densità di addetti come proxy dell'attività economica risulta che nessuno dei settori è statisticamente significativo. Infine, un'ulteriore differenza è presente nel momento in cui si prendono in considerazione tutti gli effetti marginali delle imprese del settore terziario. Se si considera la densità di imprese risultano sempre statisticamente significativi il settore del trasporto, il settore della sanità e il settore dell'intrattenimento mentre, al settore dell'istruzione e al settore delle attività finanziarie è associato rispettivamente un p-value pari a 0,069 e 0,011. All'opposto, se si considera come proxy la densità di addetti si ottiene che il settore dell'intrattenimento è sempre statisticamente significativo mentre ai settori del trasporto e magazzinaggio, della ristorazione e altri servizi in aggregato è associato rispettivamente un p-value pari a 0,029, 0,018 e 0,013. Un'ulteriore differenza riguarda la bontà di adattamento dell'equazione della regressione; infatti, considerando la densità di

addetti migliora leggermente la bontà di adattamento del modello nel momento in cui si analizzano gli effetti marginali.

### 6.3 Confronto tra il 2001 e il 2011

Nel seguente paragrafo vengono messi a confronto i modelli econometrici del 2001 con i modelli econometrici del 2011 oltre che per alcune valutazioni relative alle correlazioni fra variabili.

Per quel che riguarda le correlazioni fra variabili indipendenti, nel 2001 risultano delle correlazioni medio forti sia tra le variabili associate al medesimo settore (secondario o terziario) sia tra variabili associate a differenti settori (secondario o terziario), inoltre le medesime variabili risultano correlate in modo abbastanza significativo con la densità di popolazione. Tale effetto si riscontra sia se viene adottata come proxy dell'attività economica la densità di imprese sia se viene adottata come proxy la densità di addetti. Invece, nel 2011 si ha un'assenza di correlazione tra tutte le variabili associate al settore terziario e tutte le variabili associate al settore secondario. Inoltre, le stesse variabili associate al settore terziario non risultano correlate con la densità di popolazione, all'opposto le variabili associate al settore secondario sono positivamente correlate con la densità di popolazione. Infine, sempre per il 2011, le singole variabili relative alle imprese operanti nel medesimo settore, rispettivamente dell'industria e dei servizi, risultano avere una correlazione significativa.

Per quel che riguarda i modelli econometrici nella prima parte vengono messi a confronto i modelli econometrici nei quali è stata adottata la densità di imprese come proxy dell'attività economica mentre, nella seconda parte vengono messi a confronto i modelli econometrici nei quali è stata adottata come proxy dell'attività economica la densità di addetti.

Un primo confronto tra il 2001 e il 2011 è relativo ai modelli nei quali si considera a livello di settore secondario e terziario la densità di addetti. Emerge che nel 2001 la densità di popolazione non perde di significatività nel momento in cui, oltre ad essa, viene considerato anche la variabile associata al settore secondario. All'opposto, nel 2011 nel modello econometrico nel quale si considera sia la densità di popolazione sia il settore secondario, emerge che la variabile associata alla densità di popolazione perde completamente di significatività. Se invece al posto della variabile associata alla densità di imprese operanti nel settore secondario venisse considerata la variabile associata alla densità di imprese operanti nel settore terziario tra il 2001 e il 2011 emerge un risultato diametralmente opposto. Infatti, nel modello econometrico del 2001 la variabile associata al settore terziario è sempre significativa mentre, alla variabile associata alla densità di popolazione corrisponde un p-value pari a 0,0195; invece, nel modello econometrico del 2011 emerge che il settore terziario perde completamente di significatività mentre, la densità di popolazione è sempre statisticamente significativa. Queste differenze si riflettono anche nel modello econometrico nel quale vengono prese in considerazione sia il settore secondario sia il settore terziario oltre che la densità di popolazione. Infatti, nel modello econometrico del 2001 tutte le variabili risultano statisticamente significative mentre, nel 2011 solamente la variabile associata al settore secondario risulta statisticamente significativa.

Per quel che riguarda l'effetto marginale dei singoli settori operanti nel settore secondario si nota come nel 2001 l'unica settore non significativo risulta essere il settore della gestione dei rifiuti e, tra i settori significativi, al settore della fornitura dell'energia è associato un coefficiente negativo. Invece,

nel 2011 l'unico settore statisticamente non significativo risulta essere il settore della fornitura di energia.

Anche per quel che riguarda i settori dei servizi emergono delle differenze. Nel modello nel quale si considerano i settori del commercio, del trasporto, della ristorazione, della comunicazione e delle attività finanziarie emerge che nel 2011 solamente il settore della comunicazione risultava non significativo e, mentre al settore del commercio è associato un p-value pari a 0,046. Nel modello econometrico del 2001 invece, il settore del commercio non è mai significativo e al settore della ristorazione è associato un p-value pari a 0,0617. In aggiunta, la variabile associata alla densità di popolazione perde di significatività nel 2001 mentre l'effetto è preponderante nel 2011. Considerando invece i servizi in prevalenza pubblici si nota come nel 2001 sia l'istruzione che la sanità sono statisticamente significative mentre, nel 2011 perdono completamente di significatività. Infine, un'ulteriore differenza sorge nel modello nel quale vengono considerati gli effetti marginali di tutte le attività dei servizi. Nel 2001 le attività che non spiegano la distribuzione dell'intensità luminosa sono associate ai settori del trasporto, della ristorazione, della comunicazione, delle attività professionali e d'intrattenimento oltre alla densità di popolazione. Invece, nel 2011 le attività non significative sono legate al commercio, alla ristorazione, alla comunicazione, alle attività immobiliari, alle attività professionali, al noleggio e ai servizi di minor rilievo. Infine, per quel che riguarda la bontà di adattamento dei modelli risulta che i modelli econometrici del 2001 presentano un  $R^2$  corretto superiore ed un SER inferiore rispetto ai modelli econometrici del 2011. Tra i modelli associati al settore secondario le differenze sono meno marcate mentre, considerando i modelli econometrici associati al settore terziario, le differenze sono più significative.

Un ulteriore confronto tra il 2001 e il 2011 riguarda i modelli econometrici nei quali si adotta come proxy dell'attività economica la densità di addetti. Per quel che riguarda i modelli nei quali si considerano i settori in aggregato, la prima differenza si evidenzia nel modello nel quale si considera, oltre alla densità di popolazione, la variabile associata al settore terziario. Nel modello del 2001 la variabile associata al settore terziario è statisticamente significativa mentre, nel modello del 2011 perde completamente di significatività. Inoltre, tale differenza si manifesta anche nel modello in cui si tiene in considerazione sia il settore terziario che il settore secondario. Per quel che riguarda i modelli nei quali si considerano gli effetti marginali dei settori industriali, l'unica differenza che emerge riguarda la variabile associata al settore della gestione dei rifiuti; infatti, nel modello del 2011 non è statisticamente significativa, mentre nel modello del 2001 è sempre statisticamente significativa. Infine, per quel che riguarda i modelli nei quali vengono considerati gli effetti marginali dei settori terziari emergono tre sostanziali differenze. Nel modello nel quale, oltre alla densità di popolazione si considerano i settori del commercio, del trasporto, della ristorazione, della comunicazione e delle attività finanziarie risulta che nel modello del 2011 solo la variabile associata alla densità della popolazione è statisticamente significativa, mentre nel modello del 2001 le uniche variabili che non sono statisticamente significative risultano essere la variabile associata alla densità di popolazione e la variabile relativa alle attività finanziarie. Invece, nel modello in cui si considerano le variabili associate ai settori prevalentemente pubblici si ha che nel modello del 2011 sia la variabile associata all'istruzione sia la variabile associata alla sanità non sono statisticamente significative all'opposto, nel modello del 2001 sia il settore dell'istruzione che il settore della sanità risultano statisticamente significativi. Infine, nel modello nel quale si considerano tutti i settori dei servizi emerge che nel modello del 2011 le uniche due variabili statisticamente significative risultano essere la variabile associata alla densità di popolazione e la variabile associata al settore dell'intrattenimento, inoltre, al settore del trasporto, al settore della ristorazione ed al settore dei servizi di minor rilevanza è associato rispettivamente un p-value pari a 0,029, 0,019 e 0,013. Nel modello del 2001 invece, le uniche due

variabili che non sono statisticamente significative risultano essere le variabili associate ai settori della comunicazione e delle attività finanziarie.

Per quel che riguarda la bontà di adattamento dei modelli econometrici, i modelli relativi al 2001 risultano maggiormente esplicativi, infatti nei modelli econometrici del 2001 l' $R^2$  corretto risulta superiore, soprattutto nei modelli econometrici in cui si considerano gli effetti marginali dei settori dei servizi, rispetto all' $R^2$  corretto associato ai modelli econometrici del 2011. Inoltre, i modelli econometrici del 2001 presentano un SER inferiore rispetto ai modelli econometrici del 2011. Tale esito potrebbe essere dovuto al fatto che nel 2001 è presente una correlazione più significativa tra l'intensità luminosa e i singoli settori dei servizi.

Un ultimo confronto riguarda il modello di regressione semplice nel quale si considera solamente la densità di popolazione. Per quel che riguarda il 2001 emerge che al modello è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,525 ed un SER pari a 7,293 mentre, nel 2011 al modello è associato un  $R^2$  corretto pari a 0,409 ed un SER pari a 9,646; pertanto, la variabile associata alla densità di popolazione è leggermente più esplicativa nel 2001 rispetto al 2011.

## Conclusioni

Il seguente testo si pone come obiettivo comprendere se è possibile utilizzare l'intensità luminosa catturata dalle immagini satellitari notturne per mappare l'attività economica nei Paesi e, in particolare comprendere se da questa fonte dati è possibile descrivere l'attività economica in Italia.

Alla base di tale studio è presente un filone di ricerca condotto da numerosi scienziati che perseguono l'obiettivo di determinare l'attività economica in Paesi in via di sviluppo e nei Paesi sviluppati sia a livello nazionale sia a livello locale. Nel seguente testo si determina l'attività economica in un Paese sviluppato come l'Italia e, come unità di riferimento sono stati definiti i Sistemi Locali del Lavoro.

Per quel che riguarda l'aspetto teorico, da un lato le aree in cui sono presenti agglomerazioni di imprese, accomunate tra loro dal settore nel quale operano, si estendono oltre i comuni, pertanto, l'utilizzo di una scala amministrativa come i comuni condurrebbe ad una perdita di informazione. Dall'altro, tali aree possono essere allocate a ridosso di più province e di regioni; per cui utilizzando una scala amministrativa come le province o le regioni potrebbero verificarsi due problematiche: una scala troppo ampia porterebbe ad approssimazioni troppo grossolane delle attività economiche ed una scala fondata sui confini amministrativi porterebbe ad una perdita d'informazione qualora le attività economiche si estendessero tra i confini amministrativi. Pertanto, la scelta è ricaduta sull'adozione della scala definita dai Sistemi Locali del Lavoro. Per definizione, Sistemi Locali del Lavoro sono composti da un insieme di località in cui il flusso di popolazione presente risiede e/o è occupata a livello lavorativo e dove hanno luogo gran parte delle relazioni sociali ed economiche. Tale aggregazione viene fatta a partire dalle località più rilevanti a livello economico nel contesto regionale e nazionale da cui prendono i nomi i Sistemi Locali del Lavoro; successivamente, vengono aggregate le località limitrofe secondo dei criteri ben delineati.

Per quel che riguarda l'aspetto applicativo per poter effettuare delle comparazioni inter- ed intra-annuali è stato supposto che i Sistemi Locali del Lavoro siano rimasti immutati per tutto l'orizzonte temporale e, data la cadenza decennale con il quale vengono aggiornati, sono stati considerati i SLL più recenti ossia risalenti al 2011.

Infine, per quel che riguarda l'aspetto tecnico, come descritto nel paragrafo 2.2 le immagini satellitari notturne presentano alcune inefficienze e ciò potrebbe portare a valutazioni erranee. Infatti, da un lato il fenomeno della geolocalizzazione porta a collocare il pixel luminoso in una posizione la cui distanza dal punto locale mediamente di 2,9 km, pertanto, l'utilizzo di una scala di riferimento come i Sistemi Locali del Lavoro al posto dei confini amministrativi consente di ridurre l'entità di questo effetto. Dall'altro un ulteriore problema è legato alla sfocatura, infatti, i pixel limitrofi ai pixel molto luminosi vengono "drogati" sia dal fenomeno del blurring sia con il processo di smoothing. Per spiegare il fenomeno del blurring si può immaginare il riflesso nelle aree circostanti che provoca un raggio di luce proiettato su una superficie. Invece, per quel che riguarda il processo di smoothing, da un lato tenta di minimizzare il fenomeno del blurring ma, dall'altro il metodo attuato (creazione di matrici 5 x 5) uniforma le intensità luminose e ciò provoca la perdita parziale di informazione. Pertanto, per quest'ultimo problema si dimostra che mediante le immagini satellitari notturne è più arduo definire i confini amministrativi delle città e quindi considerando una dimensione maggiore l'impatto che ha l'errore viene contenuto.

Inoltre, la fonte dal quale sono state reperite le immagini satellitari notturne è il database istituito dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) la cui serie temporale va dal 1992 al 2013.

Per poter perseguire tale obiettivo è stato adoperato un programma GIS (Geographic Information System) al fine di convertire i pixel delle immagini satellitari notturne in dati quantitativi.

Per quel che riguarda la ricerca, i dati provenienti dalle immagini satellitari sono stati analizzati sotto due aspetti. Il primo aspetto riguarda la composizione di statistiche descrittive volte a comprendere l'evoluzione e la distribuzione dell'intensità luminosa relativa ai Sistemi Locali del Lavoro e, allo stesso tempo confrontare questi dati con i dati economici e demografici ottenuti dal database dell'Istat. Infatti, da un lato, tramite i confronti inter- ed intra- annuali è stata compresa l'evoluzione dell'intensità luminosa sul territorio italiano. Dalle analisi risulta che i Sistemi Locali del Lavoro più densi sono coincidenti alle città principali come Napoli, Roma, Milano, Torino che risultano allo stesso tempo anche i SLL più grandi in termini di estensione e di operatori coinvolti. Inoltre, le regioni più dense a livello d'intensità luminosa risultano essere la Lombardia e l'Emilia Romagna, le regioni che maggiormente sono cresciute in termini di intensità luminosa risultano essere il Piemonte, il Veneto e la Puglia ed infine, le restanti regioni del Mezzogiorno hanno mantenuto quasi la medesima intensità luminosa in tutto l'orizzonte temporale considerato.

Dall'altro, facendo un confronto con l'evoluzione della densità di popolazione a livello di SLL e facendo un confronto con l'evoluzione del Prodotto Interno Lordo a livello nazionale emerge che esiste una correlazione fra l'intensità luminosa e la demografia e l'attività economica presente in Italia.

Il secondo aspetto della ricerca, mediante l'analisi econometrica, tenta di comprendere in primis le sorgenti a livello aggregato che impattano maggiormente ed in secundis comprendere quali sono i settori appartenenti all'industria e ai servizi, che hanno un effetto marginale superiore. Tale analisi riguarda sia il 2001 che il 2011, corrispondenti agli anni nei quali i censimenti di imprese e addetti sono aggiornati, ed allo stesso tempo un confronto degli stessi. Essendo l'Italia un Paese sviluppato si ha che il settore terziario è il settore prevalente, seguito poi dal settore secondario e dal settore terziario; infatti, sia nel 2001 che nel 2011 il numero di addetti e di imprese operanti nel settore dei servizi è superiore rispetto agli stessi operanti nell'industria. Tuttavia, mediamente per ogni SLL, se per quel che riguarda la densità di imprese la differenza è più marcata, per quel che riguarda la densità di addetti tale differenza si riduce; pertanto, si evince che le aziende operanti nel settore terziario sono maggiori di numero ma più piccole, se come metro di confronto si utilizza il numero di addetti.

Dall'analisi econometrica emerge che, sia per il 2001 che per il 2011, il settore secondario è il settore che influenza maggiormente la distribuzione dell'intensità luminosa e, per quel che riguarda gli effetti marginali risulta che i settori più influenti sia per il 2001 che per il 2011 risultano essere i settori della manifattura e delle costruzioni. Inoltre, per quel che riguarda i settori della gestione dei rifiuti e della fornitura di energia tra il 2011 e il 2001 sia se si considera la densità di addetti sia se si considera la densità di imprese i risultati variano in termini di apporto che i due settori danno nell'esplicazione dell'intensità luminosa presente nel territorio.

Una differenza sostanziale tra il 2001 ed il 2011 riguarda la correlazione che ha il settore terziario con l'intensità luminosa. Infatti, nel 2001 il settore terziario ha una correlazione significativa con l'intensità luminosa e ciò si riflette anche nei modelli econometrici in cui la capacità esplicativa è tale da minimizzare la capacità esplicativa della densità di popolazione. Invece, nel 2011 è presente una correlazione più debole tra il settore terziario e l'intensità luminosa e ciò ne causa l'assenza di potere esplicativo nei modelli considerati. Infine, per quel che riguarda la bontà di adattamento dei modelli econometrici emerge che, analizzando i settori in aggregato, sia se si utilizza la densità di imprese sia se si utilizza la densità di addetti come proxy dell'attività economica sia l' $R^2$  corretto sia il SER risultano

approssimativamente simili e ciò vale sia per i modelli econometrici del 2001 sia per i modelli econometrici del 2011.

Invece, per quel che riguarda i modelli econometrici nei quali si analizzano gli effetti marginali dei singoli settori dell'industria e dei servizi emerge che adottando come proxy la densità di addetti la bontà di adattamento dei modelli migliora leggermente sia per i modelli econometrici del 2001 sia per i modelli econometrici del 2011.

Il presente lavoro è – a nostra conoscenza - il primo a testare se e come i dati delle luci notturne possano costituire una proxy valida dell'attività economica in Italia. Inaugura pertanto, un filone di ricerca che verrà successivamente arricchito ed affinato. In questo senso, le analisi sono state volontariamente introdotte per testare le potenzialità dei dati 'grezzi', cioè non trattati per eliminare le distorsioni illustrate nel secondo capitolo del testo attraverso le euristiche presentate sia nel secondo capitolo che nel terzo capitolo. Spetterà ai successivi lavori introdurre, anche comparativamente, gli affinamenti suggeriti dalla letteratura per comprendere se, per quel che riguarda il contesto italiano, l'entità del rumore derivante dalle possibili distorsioni è o meno trascurabile. E, oltre a ciò, spetterà ai successivi lavori utilizzare le immagini satellitari fornite dal satellite Suomi NPP-VIIRS e fare un confronto con le immagini satellitari fornite dal satellite DMSP-OLS nell'analisi del contesto italiano. Inoltre, sarà interessante comprendere, ad un livello di dettaglio superiore, quali sono i segmenti dei vari settori dell'industria e dei servizi che contribuiscono maggiormente a determinare la distribuzione dell'intensità luminosa (ad esempio se nel settore della manifattura, il settore della metalmeccanica ha un effetto marginale superiore). Un'ulteriore analisi riguarderà

## Bibliografia

- Abrahams A., Christopher O., Lozano-Gracia N. *Deblurring DMSP night-time lights: A new method using Gaussian filters and frequencies of illumination*. In *Remote Sensing of Environment* 210(1), 2018,242-258.
- Addison D., Stewart B. *Nighttime lights revisited: The use of nighttime lights data as a proxy for economic variables*. In *World Bank Policy Research Working Paper* No. 7496, 2015.
- Andersson M., Hall O., Archila M. *How data poor countries remain data poor: Underestimation of human settlements in Burkina Faso as observed from nighttime lights data*. In *Remote Sensing* (forthcoming), 2019.
- Bluhm R., Krause M. *Top lights - bright cities and their contribution to economic development*. In *CESifo Working Paper* No. 7411, 2018.
- Bluhm R., Krause M. *Top Lights Bright Spots and Their Contribution to Economic Development*. Mimeo University of Hamburg, 2017.
- Chao R. C., Zhiwen Y., Kaiyuan D., Yalong P. *Deblurring study of dmsp/ols nighttime light data by rtsvd*. In *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W10, 2020.
- Chen X., Nordhaus W. A test of the new VIIRS lights data set: Population and economic output in Africa. In *Remote Sensing* 7(4), 2015, 4937-4947.
- Chen X., Nordhaus W. Using luminosity data as a proxy for economic statistics. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(21), 2011, 8589-8594.
- Coombes M., Openshaw S., Wymer C., Chariton M., Raybould S. *Regional Statistics and Accounts: Study of employment zones*. In *Report from SOEC project number 0781021 Eurostat*, 1992.
- Coppola G., Mazzotta F. *I Sistemi Locali del Lavoro in Italia: Aspetti Teorici ed Empirici*. In *Quaderni di Ricerca*, 2, 2005.
- Corral L., Schling M., Rogers C., Cumberbatch J., Hinds F., Zhou N., Lemay M. *The Impact of Coastal Infrastructure Improvements on Economic Growth: Evidence from Barbados*. In *IDB Working Paper Series*, No. IDB-WP-729, 2016.
- Croft T. A. *Night-time images of the earth from space*. In *Scientific American*, 1978, 86-98.
- Dickinson L. C., Boselly S. E., Burgmann W.W. *Defense Meteorological Satellite Program User's Guide*. In *Air Weather Service (MAC) U.S. Air Force*, 1974.
- Doll C. *CIESIN Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications*. In *Night-time Light Remote Sensing*, 2008.
- Eberhard-Ruiz A., Moradi A. *Regional market integration in East Africa: Local but no regional effects?* In *Journal of Development Economics* 140(1), 2019, 255-268.
- Elvidge C. D., Baugh K. E., Dietz J., Bland T., Sutton P., Kroehl H. *Radiance calibration of DMSP-OLS low-light imaging data of human settlements*. In *Remote Sensing of Environment* 68(1), 1999, 77-88.
- Elvidge C. D., Baugh K.E., Kihn E.A., Kroehl H.W., Davis E.R. *Mapping of city lights using DMSP Operational Linescan System data*. In *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63,1997, 727 – 734.
- Elvidge C. D., Baugh K. E., Kihn E. A., Kroehl H.W, Davis E. R., Davis C. *Relation between satellite observed visible–near infrared emissions, population, and energy consumption*. In *Int. J. Remote Sens* (18), 1997b, 1373–1379.
- Elvidge C. D., Safran J., Nelson I. L., Tuttle B.T., Hobson V.R., Baugh K.E., Dietz J.B., Erwin E.H. *Area and position accuracy of DMSP nighttime lights data*. In *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment* (R.S. Lunetta and J.G. Lyon, editors), CRC Press, New York, 2004b, pp. 281–292.

- Elvidge C., Baugh K., Zhizhin M., Hsu F-C. *Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping night time lights*. In *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network* 35(1), 2013, 62-69.
- Elvidge C. D., Sutton P. C., Ghosh T., Tuttle B. T., Baugh K. E., Bhaduri B., Bright E. *A Global Poverty Map Derived from Satellite Data*. In *Computers & Geosciences* 35 (8), 2009a, 1652–1660.
- Elvidge C. D., Ziskin D., Baugh K. E., Tuttle B. T., Ghosh T., Pack D. W., Erwin E. H., Zhizhin M. *A Fifteen Year Record of Global Natural Gas Flaring Derived from Satellite Data*. In *Energies* 2 (3), 2009b, 595–622.
- Felbermayr G., Gröschl J., Sanders M., Schippers V., Steinwachs T. *Shedding Light on the Spatial Diffusion of Disasters*. In CESifo Working Papers, 2018.
- Gibson J., Olivia S., Boe-Gibson G. *Night lights in economics: Sources and uses*. In *Études et Documents*, n° 1, CERDI, 2020.
- Gibson J., Datt G., Murgai R., Ravallion M. *For India’s Rural Poor, Growing Towns Matter More than Growing Cities*. In World Bank Policy Research Working Papers, 2017.
- Hall R. C. *A history of the polar orbiting meteorological satellite program*. 2001.
- Henderson J. V., Squires T., Storeygard A., Weil D. *The global distribution of economic activity: Nature, history, and the role of trade*. In *Quarterly Journal of Economics* 133 (1), 2018, 357–406.
- Henderson J. V., Storeygard A., Weil D. N. *Measuring economic growth from outer space*. In *American Economic Review* 102 (2), 2012, 994–1028.
- Henderson M., Yeh E. T., Gong P., Elvidge C., Baugh K. *Validation of urban boundaries derived from global night-time satellite imagery*. In *International Journal of Remote Sensing* 24(3), 2003, 595-609.
- Hsu F., Baugh K., Ghosh T., Zhizhin M., Elvidge C. D. *DMSP-OLS radiance calibrated night-time lights time series with inter-calibration*. In *Remote Sensing* 7(2), 2015, 1855-1876.
- Huang Q., Yang X., Gao B., Yang Y., Zhao Y. *Application of DMSP/OLS Nighttime Light Images: A Meta-Analysis and a Systematic Literature Review*. In *Remote Sensing*, 2014, 6, 6844-6866.
- Istat. *I Sistemi Locali Del Lavoro 2011*, 2014.
- Keola S., Andersson M., Hall O. *Monitoring Economic Development from Space: Using Night-Time Light and Land Cover Data to Measure Economic Growth*. In *World Development* 66, 2015, 322–334.
- Lieske R. W. *DMSP primary sensor data acquisition*. In International Foundation for Telemetry, 1981, 1013-1020.
- Liu Z., Chunyang H., Qiaofeng Z., Qingxu H., Yang Y. *Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008*. In *Landscape and Urban Planning* 106(1), 2012, 62-72.
- Lowe M. *Night lights and ArcGis: A brief guide*. In Mimeo Massachusetts Institute of Technology, 2014.
- Michalopoulos S., Papaioannou E. *National Institutions and Subnational Development in Africa*. 2013.
- Sforza F. *I Sistemi Locali del Lavoro 1991*. In Istat, (10), 1997.
- Small C., Elvidge C., Balk D., Montgomery M. *Spatial scaling of stable night lights*. In *Remote Sensing of Environment* 115, 2011.
- Smith B., Wills S. *Left in the dark? Oil and rural poverty*. In *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 5(4), 2018, 865-904.

- Sutton P. C., Costanza, R. *Global estimates of market and non - market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation*. In *Ecological Economics*, 41(3), 2002, 509 – 527.
- Sutton P., Elvidge C., Ghosh T. Estimation of Gross Domestic Product at Sub-National Scales using Nighttime Satellite Imagery. In *Int. J. Ecol. Econ. Stat.* 2007, 8, 5–21.
- Tuttle B., Anderson S., Sutton P., Elvidge C., Baugh K. *It used to be dark here*. In *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 79(3), 2013, 287-297.
- Zhao M., Cheng W., Zhou C., Li M., Huang K., Wang N. Assessing Spatiotemporal Characteristics of Urbanization Dynamics in Southeast Asia Using Time Series of DMSP/OLS Nighttime Light Data. In *Remote Sensing*, 2018.

## Sitografia

- Banca Mondiale. URL: (<https://www.worldbank.org> )
- EO Sharing Earth Observation Resource. DMSP(Defense Meteorological Satellite Program). URL: (<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/-/dmsp>).
- European Commision. Global Human Settlement. URL: (<https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/about.php> ).
- Eurostat. Classificazione statistica delle attività economiche nella Comunità europea. URL: ([https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST\\_NOM\\_DTL&StrNom=NACE\\_REV2&StrLanguageCode=IT&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=NACE_REV2&StrLanguageCode=IT&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC) ).
- Istat. Classificazione delle attività economiche Ateco 2007. URL: ( <https://www.istat.it/it/archivio/17888> ).
- Istat, Evoluzione dei sistemi territoriali. URL:(<https://www.istat.it/it/files//2014/12/Evoluzione-dei-sistemi-territoriali-2007.pdf> ).
- Istat, Parametri per l'identificazione dei Sistemi Locali del Lavoro URL: ([https://www.istat.it/it/files/2016/10/PARAM\\_sett2016-1.xlsx](https://www.istat.it/it/files/2016/10/PARAM_sett2016-1.xlsx) ).
- Istat, Sistemi Locali del Lavoro relativi all'anno 2011. URL(<https://www.istat.it/it/informazioni-territoriali-e-cartografiche/sistemi-locali-del-lavoro>).
- Istat, Sistemi Locali del Lavoro nel 2011. Nota Metodologica. URL: ([https://www.istat.it/it/files//2014/12/nota-metodologica\\_SLL2011\\_rev20150205.pdf](https://www.istat.it/it/files//2014/12/nota-metodologica_SLL2011_rev20150205.pdf) )
- Landsat. URL: (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/about> ).
- NOAA, National centers for environmental information. URL(<https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>).
- NOAA, National centers for environmental information. Global Gas Flaring Shapefiles. URL([https://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas\\_flares\\_countries\\_shapefiles.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas_flares_countries_shapefiles.html)).
- NOAA, National centers for environmental information. Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series. URL( <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>).
- Parlamento Europeo. Sezione Note tematiche sull'Unione europea. URL:(<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/99/nomenclatura-comune-delle-unita-territoriali-statistiche-nuts-> ).
- Programma QGIS. Sezione *Download*. URL(<https://www.qgis.org/it/site/forusers/download.html>).
- Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). URL: ( <https://ncc.nesdis.noaa.gov/VIIRS/> ).

# Appendice A

Nel seguente Appendice vengono trattati alcuni aspetti tecnici legati alle cartelle e il loro contenuto.

Le cartelle così come i file presenti in essa, assumono la denominazione “F1?YYYY”. La parte “F1?” si riferisce al nome del satellite che ha eseguito la scansione invece, la parte “YYYY” si riferisce all’anno in cui è avvenuta, ad esempio “F142002” implica che la scansione relativa all’anno 2002 è stata eseguita dal satellite F14.

I file appartenenti al dataset “Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages” sono composti a loro volta da sette file: tre relative alle immagini, tre relative alle coordinate dell’orbita percorsa dal satellite durante la scansione e un file di testo denominato README (Fig. 64).

Quest’ultimo documento contiene informazioni relative alle differenze tra le varie immagini e vengono descritti ulteriori aspetti tecnici legati alla rotazione del sensore nella scansione e le coordinate dell’orbita percorsa dal satellite durante la scansione.

Invece, i file appartenenti “Average Lights x Pct” sono composti da tre file: due relativi alle immagini ed un documento di testo che ne descrive le differenze (Fig. 65).

The DMSP OLS was designed to collect global cloud imagery using a pair of broad spectral bands placed in the visible and thermal. The DMSP satellites are flown in polar orbits and each collects fourteen orbits per day. With a 3,000 km swath width, each OLS is capable of collecting a complete set of images of the Earth twice a day. At night the visible band signal is intensified with a photomultiplier tube (PMT) to enable the detection of moonlit clouds. The boost in gain enables the detection of lights present at the Earth's surface. Most of the lights are from human settlements (cities and towns) and ephemeral fires. Gas flares are also detected and can easily be identified when they are offshore or in isolated areas not impacted by urban lighting.

NOAA serves as the long term archive for DMSP, with data extending from 1992 to the present.

The archive is organized as individual orbits which are labeled to indicate the year, month, date and start time. For this project the individual orbits were processed with automatic algorithms that identify image features (such as lights and clouds) and the quality of the nighttime data. The following criteria were used to identify the best nighttime lights data for compositing:

1. Center half of orbital swath (best geolocation, reduced noise, and sharpest features).
2. No sunlight present.
3. No moonlight present.
4. No solar glare contamination.
5. Cloud-free (based on thermal detection of clouds).
6. Auroral emissions have been screened out in the northern hemisphere.

Nighttime image data from individual orbits that meet the above criteria are added into a global latitude-longitude grid (Plate Carree projection) having a resolution of 30 arc seconds. This grid cell size is approximately a square kilometer at the equator. The total number of coverages and number of cloud-free coverages are also tallied. In the typical annual cloud-free composite most areas have twenty to a hundred cloud-free observations, providing a temporal sampling of activities such as gas flaring.

The nighttime lights product known as avg\_lights\_x\_pct is derived from the average visible band digital number (DN) of cloud-free light detections multiplied by the percent frequency of light detection. The inclusion of the percent frequency of detection term normalizes the resulting digital values for variations in the persistence of lighting. For instance, the value for a light only detected half the time is discounted by 50%. Note that this product contains detections from fires and a variable amount of background noise.

Figura 64: README presente nel file “Average Lights x Pct”

## Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series

The files are cloud-free composites made using all the available archived DMSP-OLS smooth resolution data for calendar years. In cases where two satellites were collecting data - two composites were produced. The products are 30 arc second grids, spanning -180 to 180 degrees longitude and -65 to 75 degrees latitude. A number of constraints are used to select the highest quality data for entry into the composites:

- Data are from the center half of the 3000 km wide OLS swaths. Lights in the center half have better geolocation, are smaller, and have more consistent radiometry.
- Sunlit data are excluded based on the solar elevation angle.
- Glare is excluded based on solar elevation angle.
- Moonlit data are excluded based on a calculation of lunar illumination.
- Observations with clouds are excluded based on clouds identified with the OLS thermal band data and NCEP surface temperature grids.
- Lighting features from the aurora have been excluded in the northern hemisphere on an orbit-by-orbit manner using visual inspection.

Each composite set is named with the satellite and the year (F121995 is from DMSP satellite number F12 for the year 1995). Three image types are available as geotiffs for download from the version 4 composites:

F1?YYYY\_v4b\_of\_avg.tif: Cloud-free coverages tally the total number of observations that went into each 30 arc second grid cell. This image can be used to identify areas with low numbers of observations where the quality is reduced. In some years there are areas with zero cloud-free observations in certain locations.

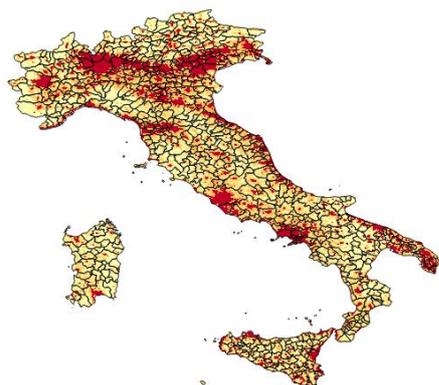
F1?YYYY\_v4b\_avg\_vis.tif: Raw avg\_vis contains the average of the visible band digital number values with no further filtering. Data values range from 0-63. Areas with zero cloud-free observations are represented by the value 255.

F1?YYYY\_v4b\_stable\_lights\_avg\_vis.tif: The cleaned up avg\_vis contains the lights from cities, towns, and other sites with persistent lighting, including gas flares. Ephemeral events, such as fires have been discarded. Then the background noise was identified and replaced with values of zero. Data values range from 1-63. Areas with zero cloud-free observations are represented by the value 255.

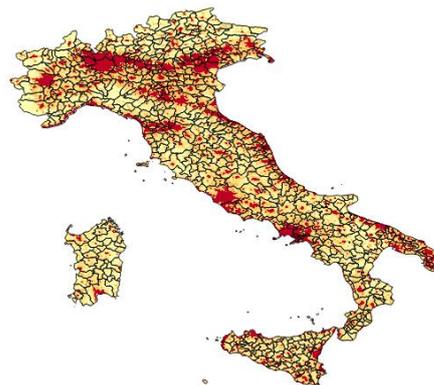
Figura 65: README presente nel file “Average Visible, Stable Lights, & Cloud Free Coverages”

## Appendice B

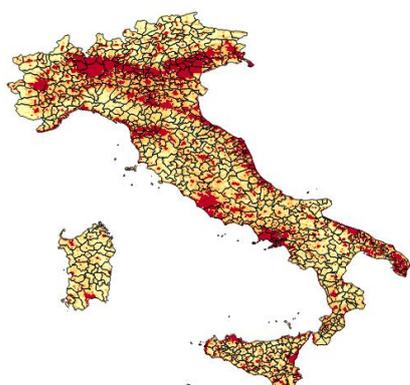
Nel seguente Appendice viene mostrata l'evoluzione in termini di luminosità della penisola italiana. Per poter offrire una miglior comprensione è stata adottata una scala di colore nel quale il rosso rappresenta le zone più luminose ossia in cui, nei vari SLL è presente un'intensità luminosa media almeno pari a 20. Tale suddivisione, riflette la distribuzione dei dati delle intensità medie luminose nei vari SLL acquisite dalle immagini satellitari DMSP-OLS dal 1992 al 2013.



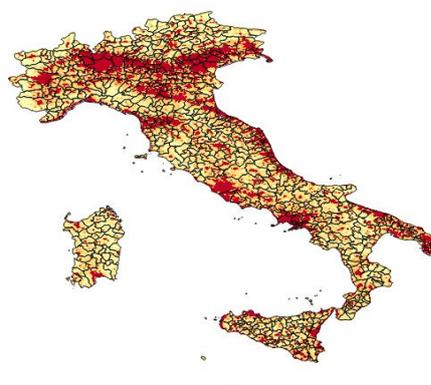
1992



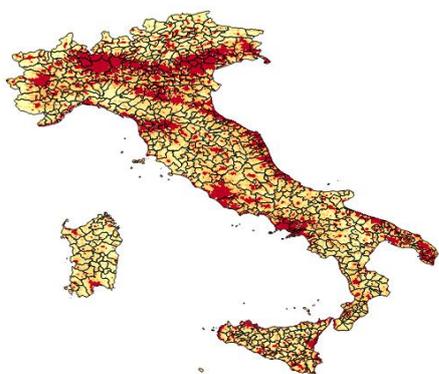
1993



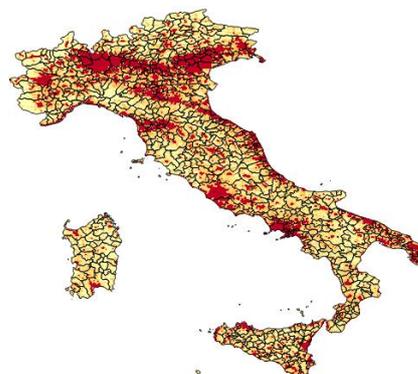
1994



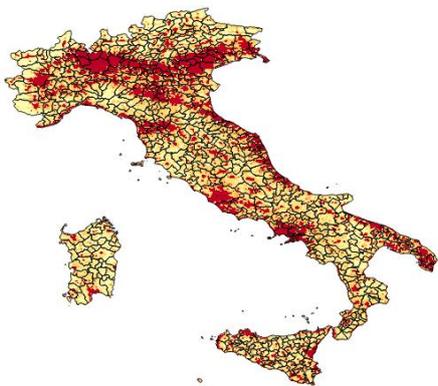
1995



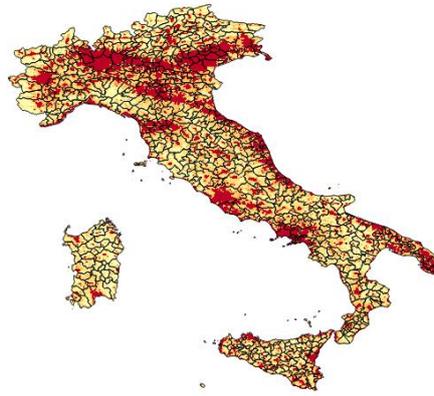
1996



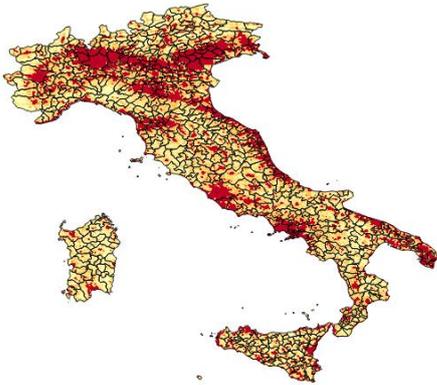
1997



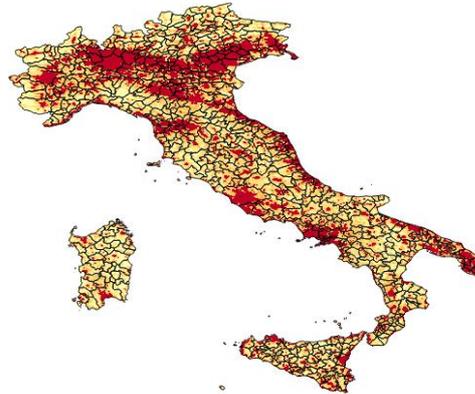
1998



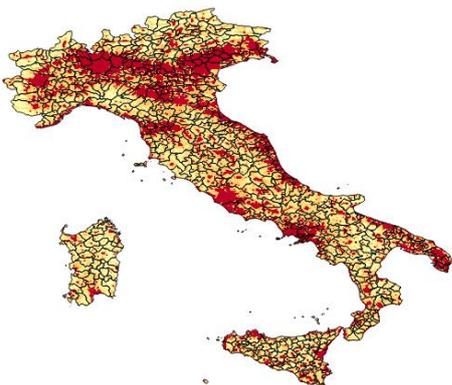
1999



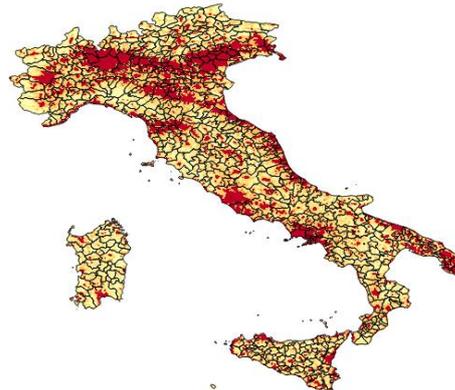
2000



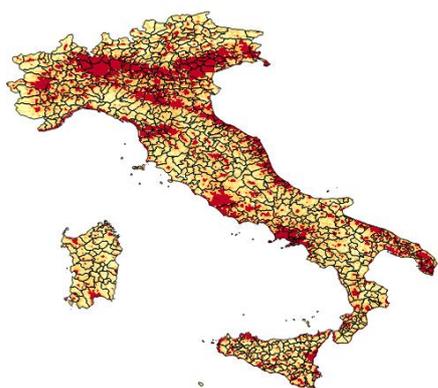
2001



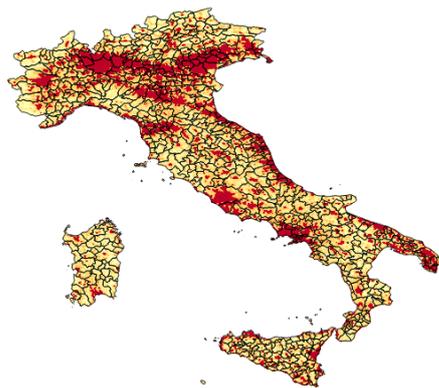
2002



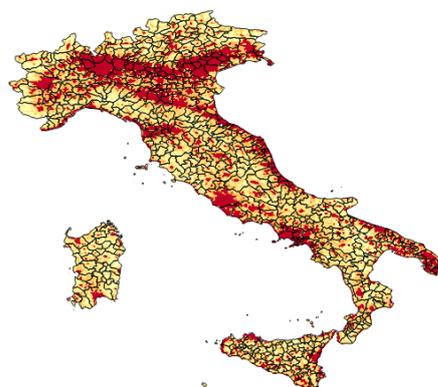
2003



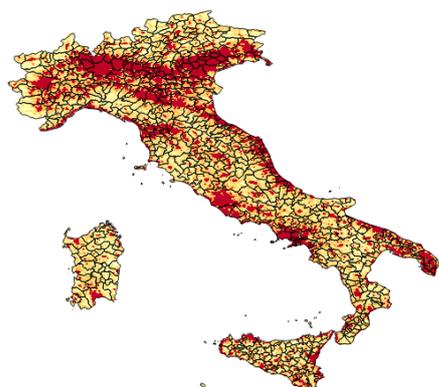
2004



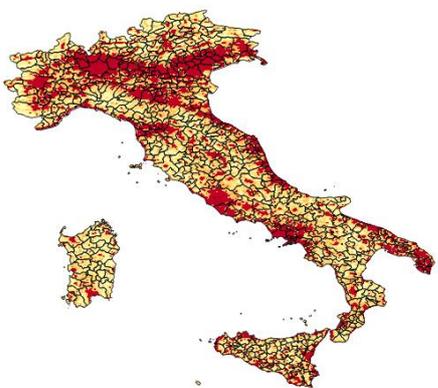
2005



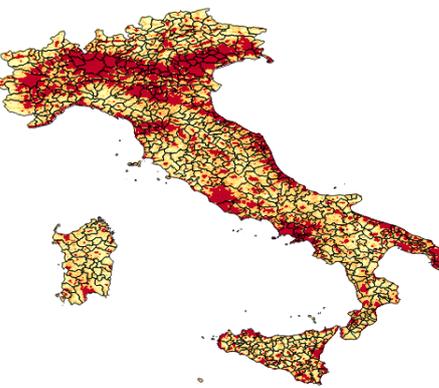
2006



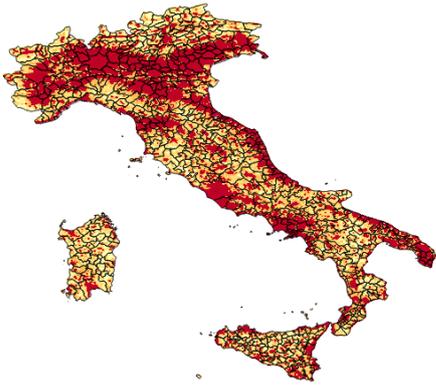
2007



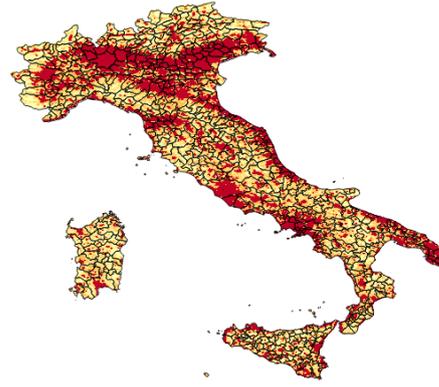
2008



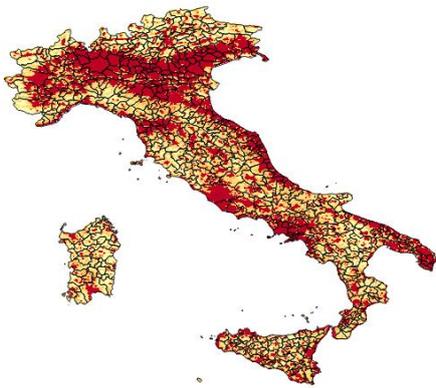
2009



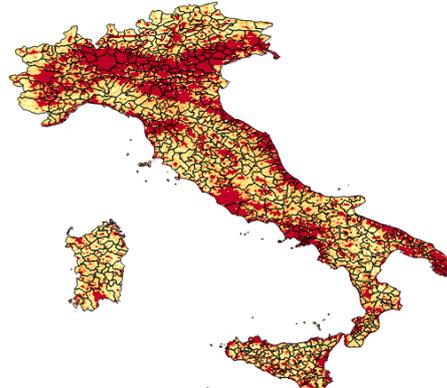
2010



2011



2012



2013

## Appendice C

Nel seguente Appendice vengono trattate rappresentate ulteriori grafici e tabelle che forniranno un quadro complessivo più comprensibile.

Nella Tabella 21 vengono esposti i quartili relativi all'andamento dei valori medi negli anni considerando tutti i SLL in aggregato. Si nota come i valori di minimo abbiano avuto una crescita media annua composta del 8% passando da 0,4 a 2,2. Invece, la crescita composta del primo quartile è stata del 3% e, di poco inferiore la crescita media composta del secondo quartile (2,5%) e del terzo quartile (2,2%). Infine, il valore massimo ha avuto la crescita media composta più bassa in assoluto ossia dello 0,3%.

|            | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Min</b> | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,8  | 0,4  | 0,8  | 0,9  | 1,2  | 1,8  | 1,8  | 1,5  | 1,2  | 1,8  | 1,7  | 1,7  | 1,9  | 1,9  | 1,6  | 2,6  | 2,0  | 1,8  | 2,2  |
| <b>25%</b> | 5,4  | 5,6  | 6,1  | 6,9  | 6,7  | 6,3  | 7,0  | 7,4  | 7,7  | 7,6  | 8,0  | 6,8  | 6,9  | 6,9  | 7,1  | 7,8  | 8,4  | 7,8  | 11,7 | 9,6  | 10,7 | 10,1 |
| <b>50%</b> | 9,3  | 9,1  | 10,3 | 11,3 | 11,0 | 10,4 | 11,3 | 11,7 | 11,9 | 12,1 | 12,9 | 10,9 | 11,3 | 11,2 | 11,7 | 12,4 | 13,5 | 13,1 | 18,1 | 15,0 | 16,5 | 15,9 |
| <b>75%</b> | 16,8 | 15,6 | 18,1 | 20,0 | 19,2 | 18,3 | 20,0 | 20,4 | 21,0 | 21,7 | 22,4 | 19,9 | 19,8 | 19,7 | 20,8 | 22,1 | 23,7 | 23,1 | 30,4 | 26,6 | 29,2 | 27,1 |
| <b>Max</b> | 55,8 | 52,6 | 56,0 | 56,9 | 56,5 | 52,2 | 55,8 | 55,6 | 56,8 | 56,8 | 58,2 | 57,0 | 57,6 | 55,8 | 57,7 | 55,2 | 58,2 | 58,7 | 60,6 | 60,5 | 59,9 | 59,7 |

Tabella 21: Andamento nel tempo dei quartili relativi al valore medio aggregato di tutti i SLL.

Successivamente vengono definiti l'andamento della media e della deviazione standard relativi considerando per ognuno dei Sistemi Locali del lavoro il pixel più luminoso. Emerge che per ogni Sistema Locale del Lavoro il pixel più luminoso assume mediamente un valore superiore al 45. Inoltre, si nota come l'andamento del valore medio dei picchi sia: abbastanza costante tra il 1998 e il 2009 attestandosi intorno al 50, negli anni successivi al 2009 si ha una crescita con un punto di massimo assoluto pari a 56,3 nel 2012 e, negli anni precedenti si hanno due punti di minimo tra cui il minimo assoluto nel 1993 pari a 46,3 (Fig. 66 e Tab. 22). Si nota inoltre che la variabilità resti abbastanza costante nel tempo; eccetto negli anni successivi al 2009 in cui si nota una decrescita che si attesta intorno al valore 11. Nel complesso, l'andamento medio dei pixel più luminosi ha mostrato una crescita molto ridotta e ciò si è riflettuto nella riduzione della variabilità.

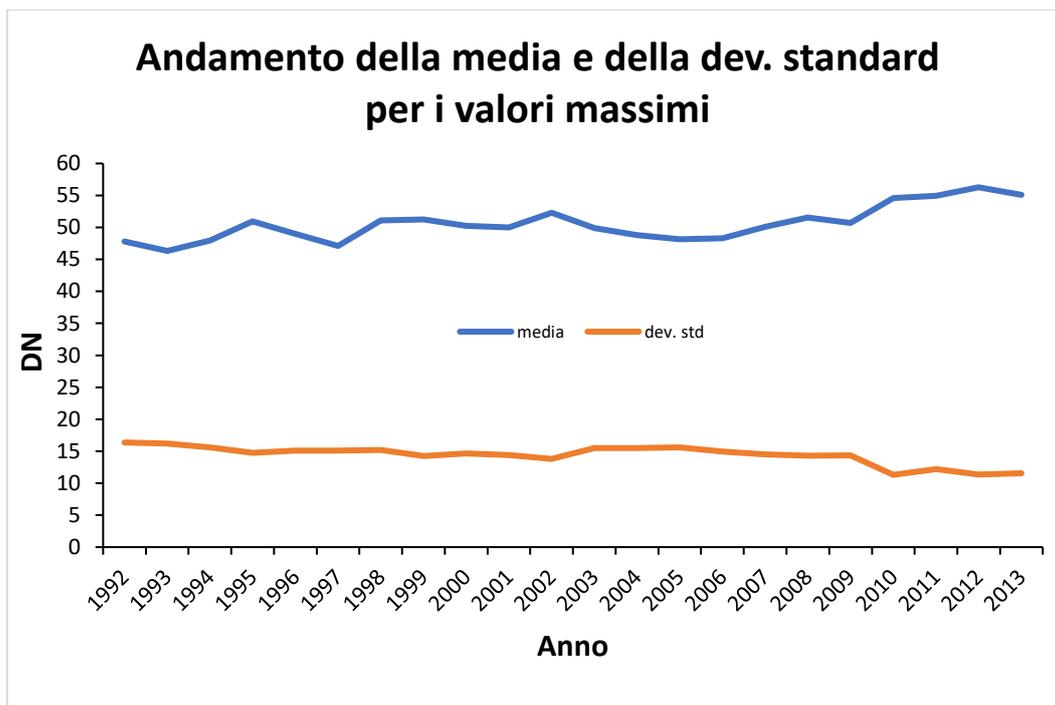


Figura 66: Andamento della media e della deviazione standard dei pixel più luminosi all'interno dei Sistemi Locali del Lavoro a livello aggregato.

| Anno/<br>Quartili | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000  | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005  | 2006  | 2007  | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Min</b>        | 6    | 7    | 7,5  | 8    | 9    | 8    | 8,5  | 8,5  | 9,5   | 10,5 | 10,5 | 9    | 8,5  | 7     | 9     | 9,5   | 10   | 10   | 15   | 13   | 13   | 14   |
| <b>25%</b>        | 31   | 29   | 32   | 37   | 35   | 32   | 37   | 39   | 37,25 | 37   | 41   | 35,5 | 34   | 32,25 | 34,25 | 36,75 | 39   | 38   | 46   | 46   | 49   | 48   |
| <b>50%</b>        | 48   | 46   | 47,5 | 53   | 49   | 46,5 | 52,5 | 53   | 51,5  | 52   | 54,5 | 52   | 50,5 | 48,5  | 49,5  | 51,5  | 54   | 52   | 57   | 58   | 59   | 58   |
| <b>75%</b>        | 58   | 56   | 58   | 60   | 58   | 56   | 60   | 59,5 | 59    | 58   | 60   | 59   | 58,5 | 58    | 57    | 59    | 60   | 59   | 61   | 62   | 62   | 62   |
| <b>Max</b>        | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63    | 63   | 63   | 63   | 63   | 63    | 63    | 63    | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   | 63   |

Tabella 22: Andamento nel tempo dei quartili relativi al pixel più luminoso considerando tutti i SLL.

Un'ulteriore valutazione viene fatta considerando gli andamenti dei quartili per quanto concerne il pixel più luminoso all'interno di ogni Sistema Locale del Lavoro nell'orizzonte temporale prefissato (Fig.67). Si nota come i punti di minimo sono molto distanziati dal primo quartile e questo implica che sono pochi i sistemi locali del lavoro che assumono valori di massimo prossimi al valore di minimo. Un'ulteriore analisi effettuata considerando i percentili dimostra che il valore massimo espresso dal percentile 0,05 dei SLL assume tra il 1992 e il 2013 è almeno pari a 15.

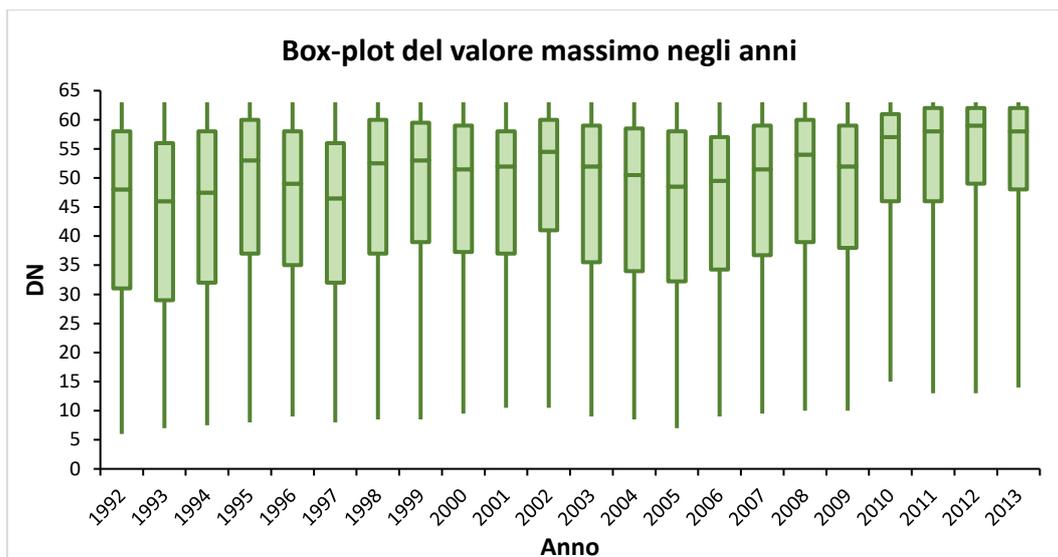


Figura 67: Andamento dei quartili relativi ai pixel più luminosi all'interno dei Sistemi Locali del Lavoro a livello aggregato.

Oltre ai valori di massimo sono stati analizzati anche i pixel meno luminosi relativi ai Sistemi Locali del Lavoro. L'andamento medio dei pixel meno luminosi (Fig. 68) nei SLL mostra un andamento quasi costante lungo tutto l'orizzonte temporale eccetto che nell'anno 2010 in cui viene raggiunto il punto di massimo assoluto pari a circa 2,3. Invece, per quel che riguarda la variabilità si nota come i punti di minimo hanno una variabilità il cui valore è almeno il doppio rispetto al valore della media nel medesimo anno; inoltre, la variabilità ha un trend crescente molto più marcato con il picco assoluto raggiunto nel 2010. Si nota pertanto che per quel che riguarda i pixel meno luminosi, l'aumento della variabilità implica una maggior dispersione dei valori tra i vari Sistemi locali del Lavoro.

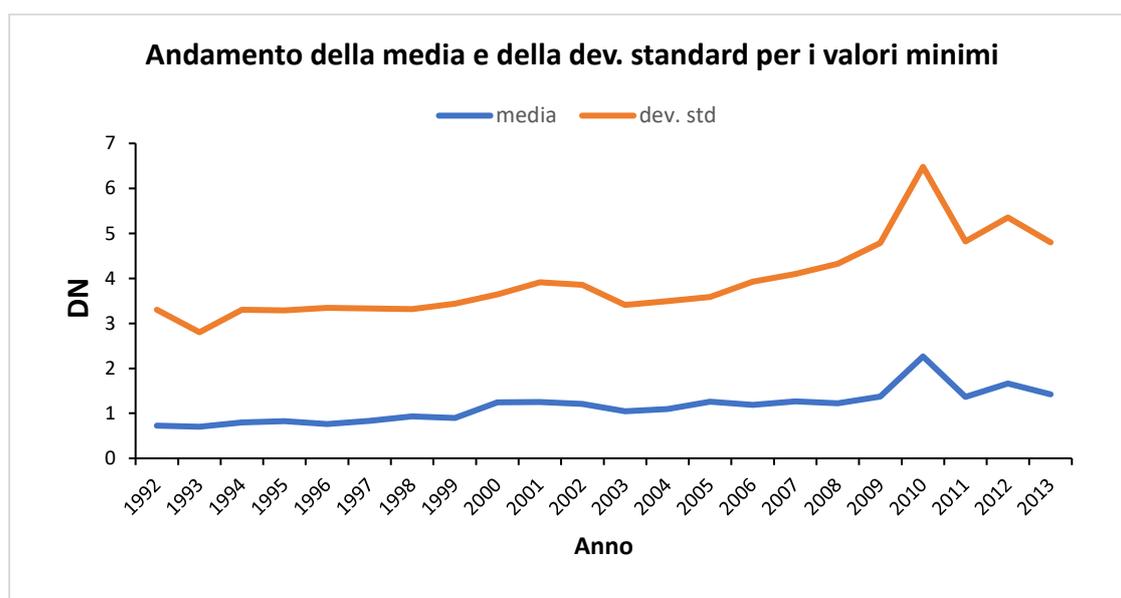


Figura 68: Andamento della media e della deviazione standard dei pixel più luminosi all'interno dei Sistemi Locali del Lavoro a livello aggregato

Invece, andando ad analizzare l'andamento dei quartili (Fig. 69 e Tab. 23) si nota come sia il primo sia il secondo quartile mostra come il punto di minimo nei SLL sia prossimo allo zero; invece, il terzo quartile assume un valore diverso da zero solo dal 1999 a 2008 e nel 2010 in cui ha raggiunto il punto di massimo assoluto pari a 6. Inoltre, si nota come il valore di massimo sia molto distante dal terzo quartile e, andando nello specifico tale andamento l'andamento assunto dal massimo, tra tutti i pixel minimi presenti nei SLL, coincide con l'andamento assunto dal pixel meno luminoso del SLL di Nocera Inferiore.

| Anno/<br>Quartili | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Min               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 25%               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 50%               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 75%               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2,5  | 1,5  | 2    | 1,5  | 2    | 3    | 1,5  | 2    | 0    | 0    | 6    | 0    | 0    | 0    |
| Max               | 24   | 19   | 22   | 26   | 27   | 25   | 26,5 | 29,5 | 29,5 | 31,5 | 35   | 32,5 | 33   | 32,5 | 37,5 | 38,5 | 36   | 43   | 46   | 43   | 37   | 36   |

Tabella 23: Andamento nel tempo dei quartili relativi ai pixel meno luminosi considerando tutti i SLL.

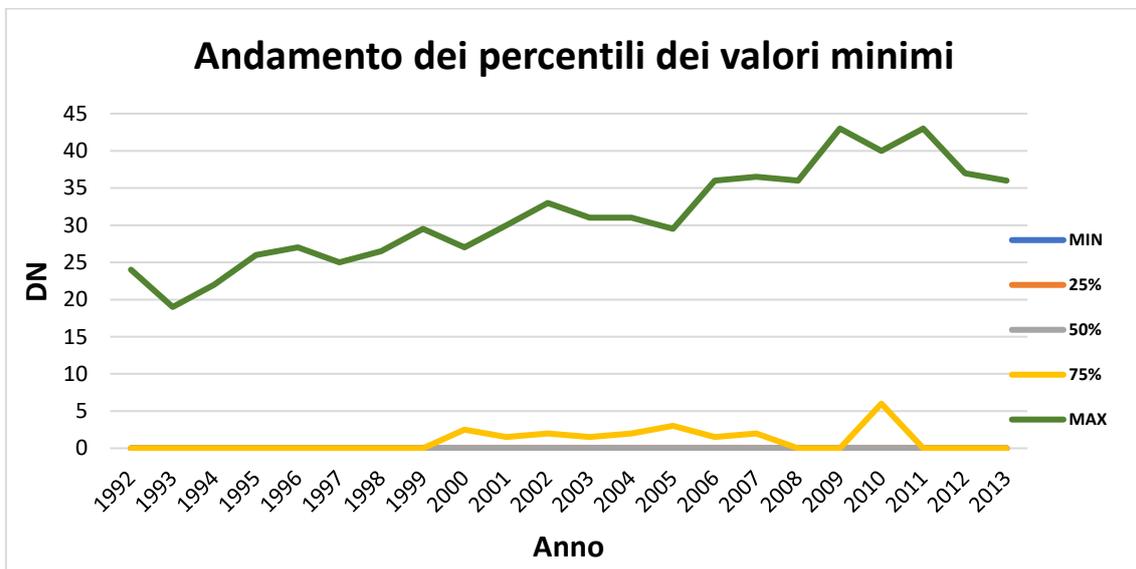


Figura 69: Andamento dei quartili relativi ai pixel meno luminosi all'interno dei Sistemi Locali del Lavoro.

Nella seguente parte vengono esposti a livello quantitativo l'andamento dei vari intervalli definiti (Tab. 24). Come si può facilmente notare, gli intervalli con maggior peso hanno un minimo assoluto di 5 e un massimo assoluto di 62. L'andamento dei primi intervalli è andato diminuendo nel corso dell'orizzonte temporale e all'opposto, si sono intensificati i successivi tre intervalli.

| Anno / DN    | 1992   | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>0</b>     | 1,64%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   |
| <b>1-2</b>   | 2,13%  | 3%   | 2%   | 0%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   | 1%   | 0%   | 1%   | 1%   | 1%   | 0%   | 1%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   |
| <b>2-5</b>   | 17,68% | 17%  | 15%  | 11%  | 11%  | 13%  | 11%  | 9%   | 8%   | 9%   | 7%   | 11%  | 11%  | 10%  | 11%  | 8%   | 7%   | 9%   | 2%   | 4%   | 3%   | 3%   |
| <b>5-10</b>  | 31,42% | 34%  | 32%  | 33%  | 33%  | 35%  | 34%  | 32%  | 33%  | 31%  | 30%  | 34%  | 34%  | 35%  | 32%  | 32%  | 27%  | 27%  | 15%  | 23%  | 19%  | 22%  |
| <b>10-20</b> | 28,97% | 30%  | 30%  | 30%  | 31%  | 31%  | 30%  | 32%  | 31%  | 32%  | 32%  | 29%  | 30%  | 31%  | 30%  | 30%  | 34%  | 31%  | 37%  | 34%  | 36%  | 35%  |
| <b>20-62</b> | 18,17% | 16%  | 21%  | 25%  | 23%  | 21%  | 25%  | 26%  | 27%  | 27%  | 30%  | 25%  | 25%  | 24%  | 26%  | 29%  | 32%  | 32%  | 46%  | 39%  | 42%  | 40%  |
| <b>63</b>    | 0,00%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   | 0%   |

Tabella 24: Andamento medio dei pixel aggregando i Sistemi Locali del Lavoro in base agli intervalli prefissati.

## Appendice D

Nel seguente Appendice, vengono rappresentate in forma tabellare rispettivamente il numero di SLL appartenenti a specifici intervalli predefiniti e la numerosità in termini di popolazione delle differenti aree geografiche del NUTS-1.

Nella prima parte vengono analizzati i SLL suddividendoli in intervalli predefiniti (Tab. 25). Dall'analisi emerso che l'intervallo contenente i Sistemi Locali del Lavoro aventi una popolazione massima di diecimila utenti ha mantenuto una numerosità relativamente costante tra il 1996 e il 2011; invece dal 1991 al 1996 c'è stata una crescita del 6% rispetto al 1991. L'intervallo più significativo, come descritto nel paragrafo 5.3, comprende i SLL contenenti una popolazione compresa tra diecimila e cinquantamila residenti; nonostante dal 1991 al 2011 abbia avuto una decrescita media annua dello 0,5%, passando dai 294 ai 271 SLL, ha continuato ad essere l'intervallo più rilevante contenente almeno il 44% dei Sistemi Locali. All'opposto, i successivi due intervalli (50000-100000 e 100000-500000) hanno avuto una crescita media annua dello 0,25% aumentando la frequenza assoluta di almeno 11 unità. Per ultimo, l'intervallo contenente i SLL con almeno cinquecentomila residenti, salvo una numerosità costante dal 1991 al 2000. Invece, nel periodo successivo alla crisi delle Dot-com, si è manifestata una contrazione della numerosità di tre SLL e successivamente la numerosità è ritornata a livelli degli anni precedenti.

Dalle analisi emerge che dal 1991 al 2011 gli intervalli di mezzo hanno avuto andamenti opposti frutto del fatto che alcuni SLL sono cresciuti in termini di attività economica e ciò probabilmente ha reso tali Sistemi Locali delle destinazioni verso cui migrare.

| SLL / Anno         | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Fino a 10k</b>  | 46   | 47   | 47   | 47   | 47   | 49   | 49   | 50   | 50   | 51   | 50   | 50   | 50   | 49   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   | 50   |
| <b>10k-50k</b>     | 294  | 293  | 294  | 291  | 290  | 287  | 288  | 287  | 288  | 288  | 281  | 281  | 281  | 281  | 278  | 275  | 275  | 274  | 272  | 270  | 271  |
| <b>50k-100k</b>    | 149  | 149  | 148  | 150  | 151  | 152  | 151  | 152  | 151  | 150  | 150  | 150  | 148  | 149  | 151  | 154  | 154  | 155  | 157  | 159  | 159  |
| <b>100k-500k</b>   | 108  | 108  | 108  | 109  | 109  | 109  | 109  | 108  | 108  | 108  | 119  | 119  | 121  | 121  | 120  | 120  | 119  | 119  | 119  | 119  | 118  |
| <b>Più di 500k</b> | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 11   | 11   | 11   | 11   | 12   | 12   | 13   | 13   | 13   | 13   | 13   |

Tabella 25: Andamento del numero di Sistemi Locali del Lavoro appartenenti agli intervalli prefissati.

Un'ulteriore valutazione è stata posta in essere analizzando il numero di residenti presenti nelle aree geografiche (Tab. 26). Nelle isole, nell'orizzonte temporale considerato, si nota come il numero di residenti sia rimasto pressoché stabile passando dai 6,61 milioni nel 1991 ai 6,65 milioni nel 2011. Analoga considerazione viene fatta per quanto riguarda la parte della penisola associate al Sud Italia; infatti, la popolazione è aumentata solo dello 0,6% passando dai 19,9 milioni nel 1991 ai 13,98 milioni nel 2011.

L'area geografica maggiormente cresciuta dal 1991 al 2011 è il Nord-Ovest con una crescita di quasi un milione di residenti; considerando anche i prospetti dell'Appendice B si nota come tale area sia cresciuta anche in termini di intensità luminosa. Inoltre, anche l'area Nord-Est ha avuto un'importante crescita passando da una numerosità di 10,39 milioni nel 1991 ad una numerosità di 11,46 milioni nel 2011. Nel complesso il Nord-Italia è l'area maggiormente cresciuta rispetto al Centro e al Sud Italia.

| NUTS/Anno         | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Nord-Ovest</b> | 14,99 | 14,99 | 14,98 | 14,96 | 14,94 | 14,92 | 14,92 | 14,93 | 14,93 | 14,94 | 15,04 | 15,04 | 15,09 | 15,21 | 15,35 | 15,43 | 15,48 | 15,61 | 15,71 | 15,78 | 15,84 |
| <b>Nord-Est</b>   | 10,39 | 10,39 | 10,39 | 10,39 | 10,40 | 10,41 | 10,44 | 10,47 | 10,51 | 10,55 | 10,68 | 10,68 | 10,76 | 10,87 | 10,98 | 11,06 | 11,13 | 11,25 | 11,37 | 11,42 | 11,46 |
| <b>Centro</b>     | 10,87 | 10,87 | 10,88 | 10,88 | 10,87 | 10,86 | 10,86 | 10,85 | 10,85 | 10,85 | 10,76 | 10,76 | 10,80 | 10,89 | 10,98 | 11,03 | 11,08 | 11,21 | 11,31 | 11,38 | 11,43 |
| <b>Sud</b>        | 13,90 | 13,90 | 13,93 | 13,96 | 13,98 | 13,99 | 13,99 | 13,99 | 13,97 | 13,94 | 13,91 | 13,90 | 13,89 | 13,93 | 13,95 | 13,94 | 13,92 | 13,96 | 13,97 | 13,98 | 13,98 |
| <b>Isole</b>      | 6,61  | 6,61  | 6,63  | 6,65  | 6,66  | 6,66  | 6,66  | 6,66  | 6,65  | 6,63  | 6,60  | 6,60  | 6,59  | 6,60  | 6,60  | 6,60  | 6,60  | 6,62  | 6,63  | 6,64  | 6,65  |

Tabella 26: Andamento della popolazione dal 1991 al 2011 in base agli intervalli prefissati.

Un'ulteriore valutazione viene fatta sulla densità della popolazione (Fig.70 e Tab. 27) in cui si nota come il Nord e il Centro Italia è maggiormente cresciuto rispetto al Sud Italia.

| NUTS/Anno  | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>ITC</b> | 255,97 | 255,94 | 255,79 | 255,41 | 255,00 | 254,70 | 254,79 | 254,85 | 254,96 | 255,11 | 256,84 | 256,76 | 257,54 | 259,65 | 262,13 | 263,36 | 264,35 | 266,50 | 268,31 | 269,35 | 270,43 |
| <b>ITH</b> | 165,57 | 165,54 | 165,54 | 165,59 | 165,61 | 165,82 | 166,28 | 166,80 | 167,39 | 168,14 | 170,15 | 170,19 | 171,37 | 173,20 | 174,99 | 176,16 | 177,26 | 179,22 | 181,08 | 181,90 | 182,56 |
| <b>ITI</b> | 258,62 | 258,58 | 258,67 | 258,55 | 258,33 | 258,22 | 258,32 | 258,42 | 258,53 | 258,88 | 258,59 | 258,73 | 259,88 | 262,12 | 264,52 | 265,99 | 267,37 | 270,37 | 273,19 | 274,85 | 276,25 |
| <b>ITF</b> | 188,64 | 188,64 | 189,04 | 189,46 | 189,76 | 189,88 | 189,91 | 189,88 | 189,59 | 189,20 | 188,76 | 188,65 | 188,54 | 189,00 | 189,35 | 189,18 | 188,93 | 189,47 | 189,57 | 189,65 | 189,74 |
| <b>ITG</b> | 132,48 | 132,48 | 132,80 | 133,09 | 133,30 | 133,38 | 133,37 | 133,32 | 133,10 | 132,82 | 132,21 | 132,12 | 131,98 | 132,13 | 132,21 | 132,25 | 132,26 | 132,61 | 132,85 | 132,96 | 133,14 |

Tabella 27: Andamento della densità della popolazione dal 1991 al 2011 per aree geografiche.

Infine, in base ai Sistemi Locali del Lavoro, sono stati messi in correlazione i dati sulla densità della popolazione con i dati sull'intensità media luminosa (Fig. 70). È stato considerato un orizzonte temporale che va dal 1992 al 2011 in modo da poter avere anno per anno i dati sia della popolazione italiana sia dell'intensità media delle fonti luminose. Analizzando la tendenza sembra poterci essere una correlazione tra le due variabili e ciò implicherebbe l'esistenza di una possibile funzione che mette in relazione le due variabili.

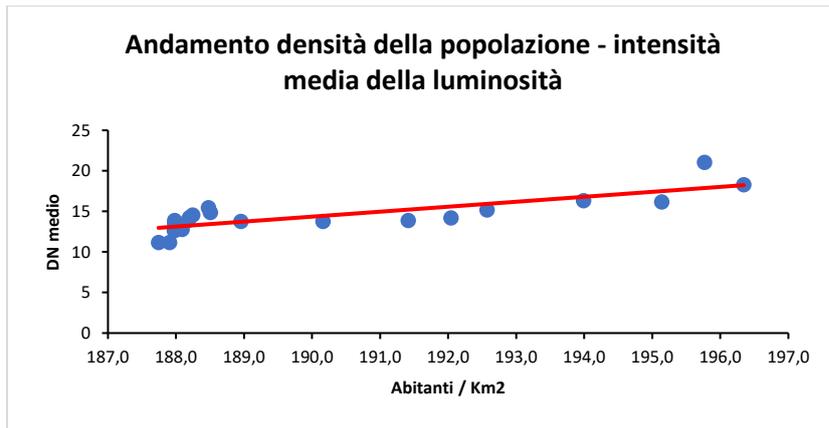
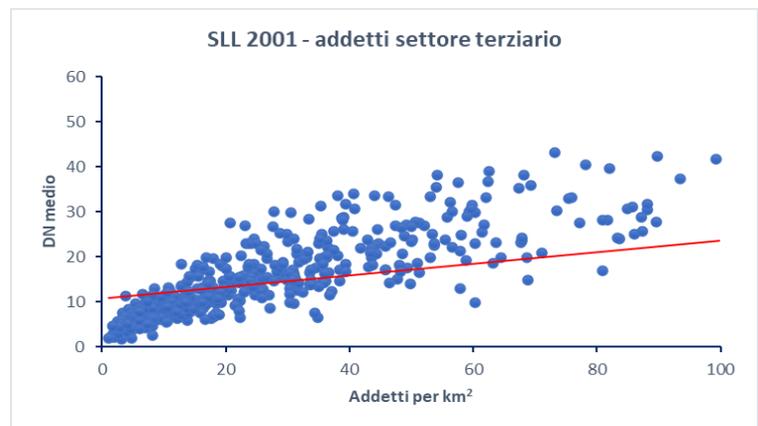
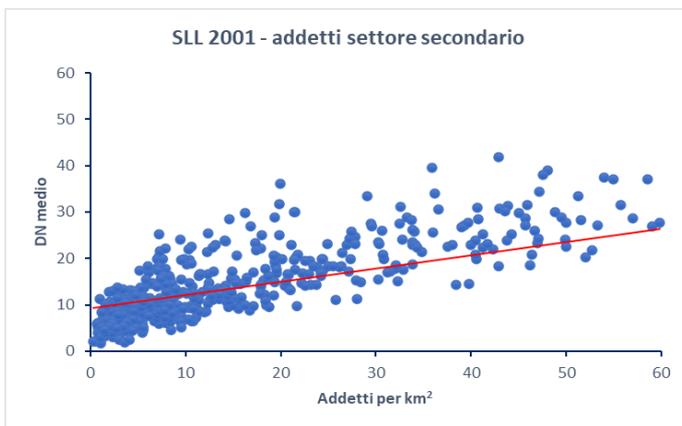
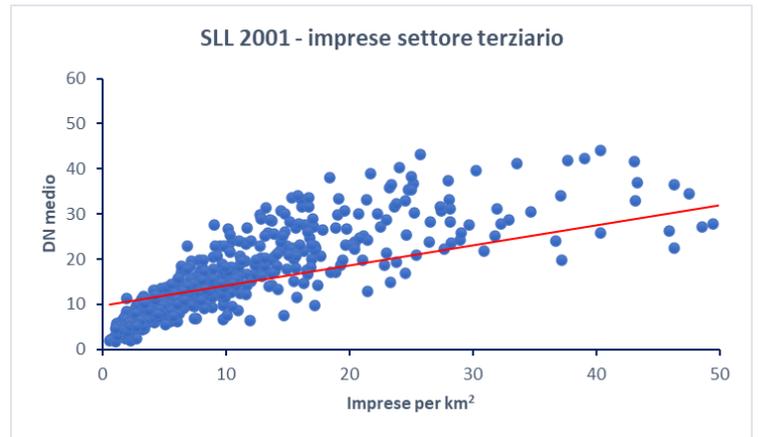
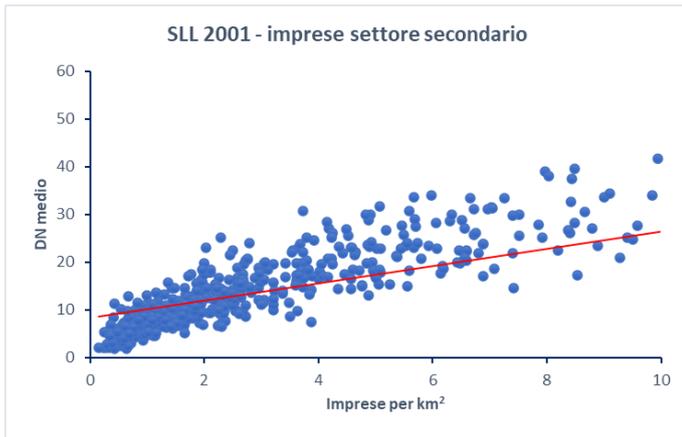


Figura 70: Andamento della popolazione e dell'intensità media luminosa dal 1992 al 2011.

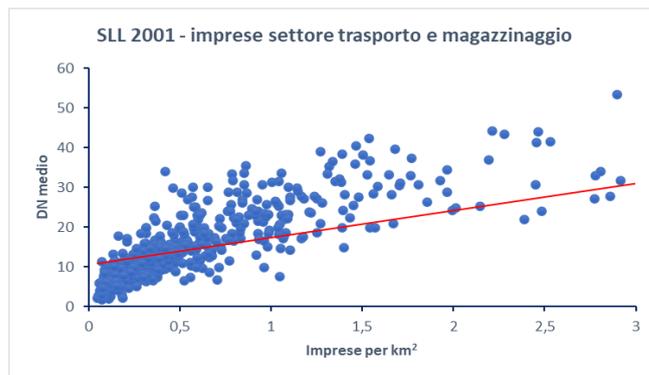
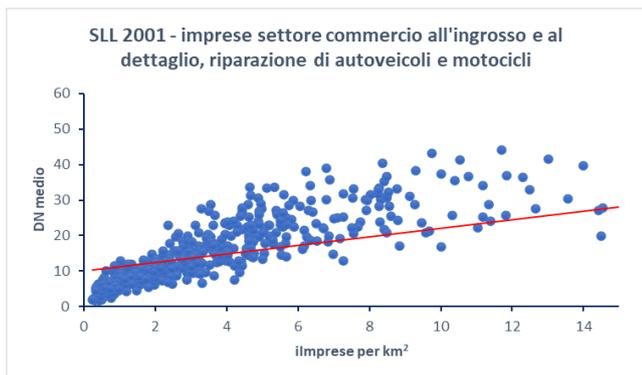
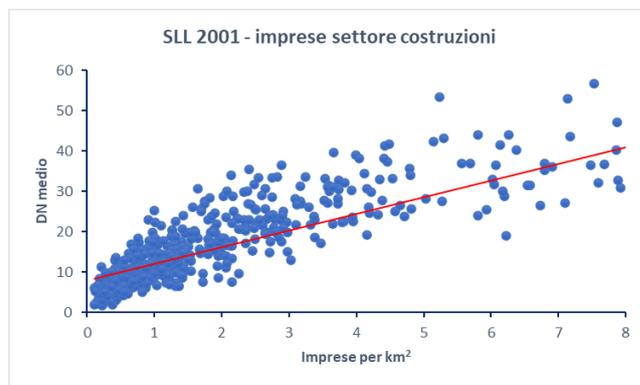
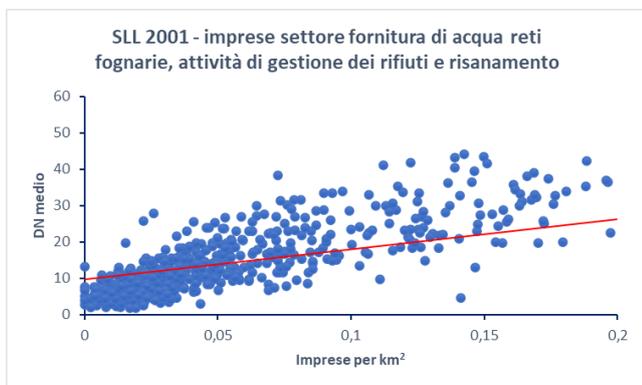
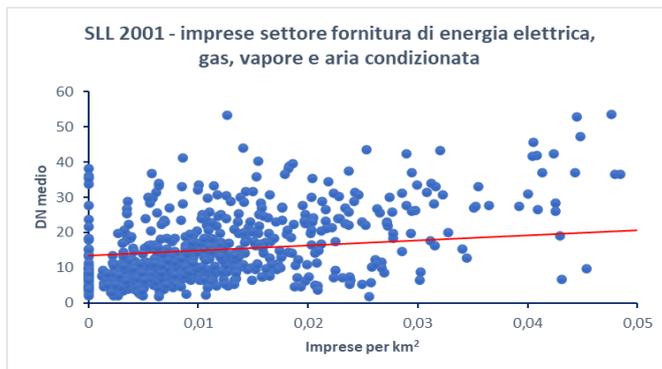
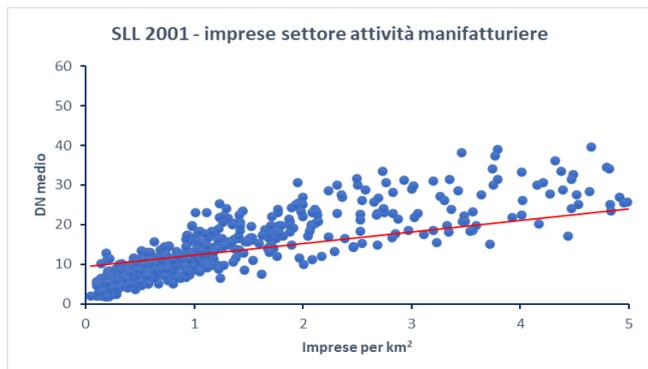
## Appendice E

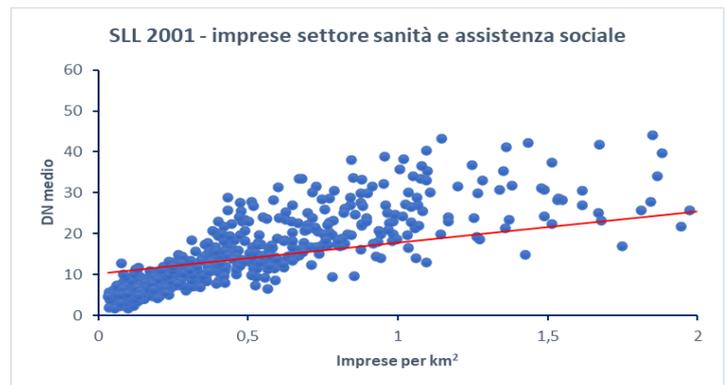
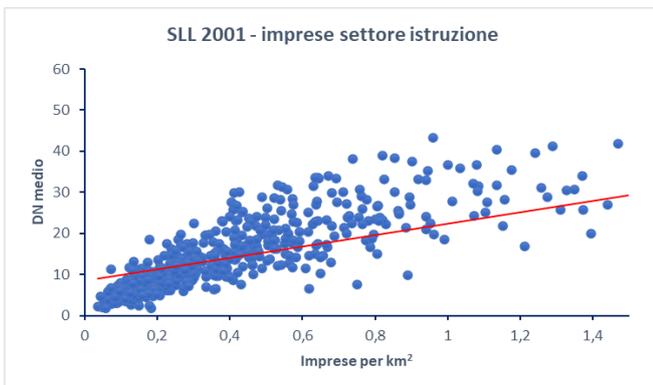
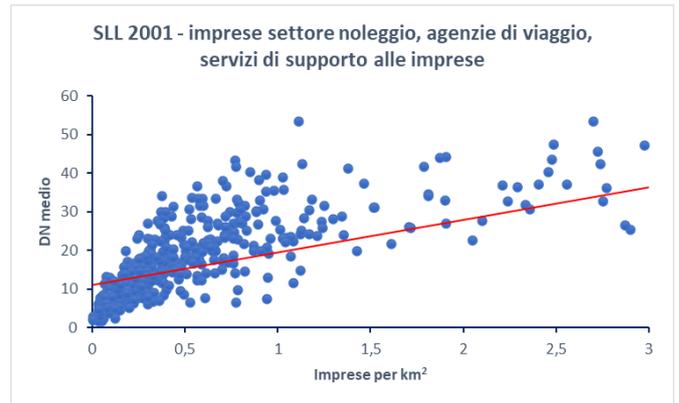
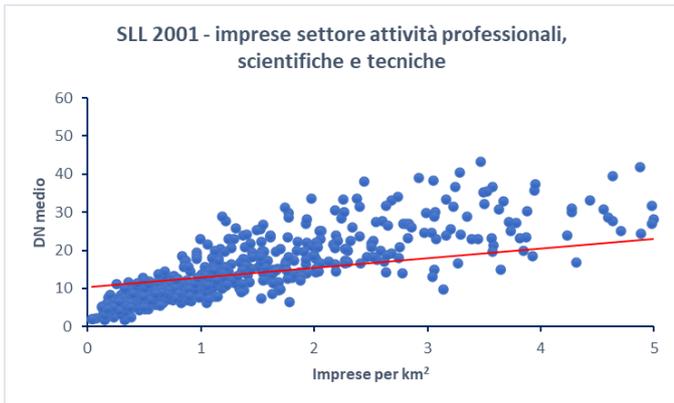
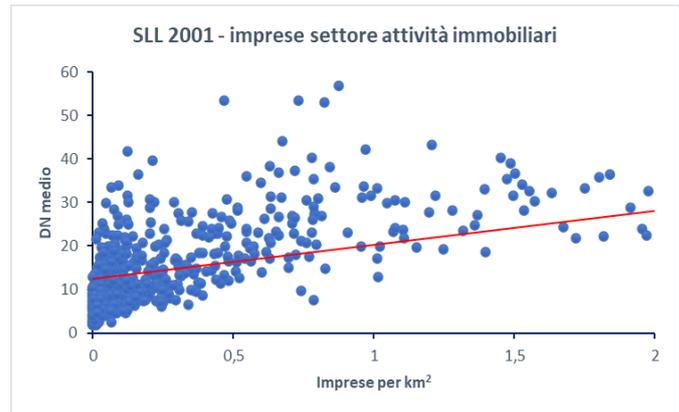
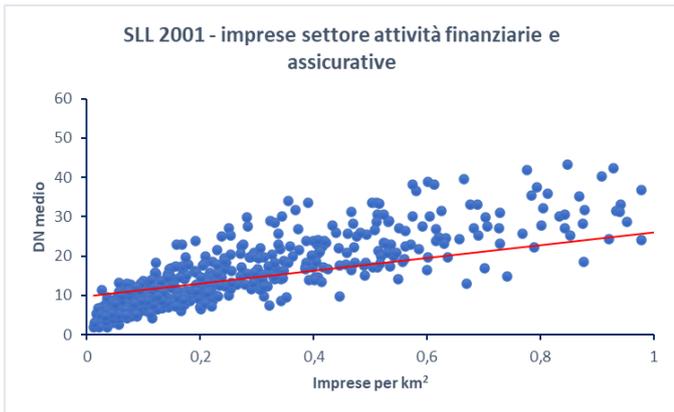
Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> delle imprese relative all'anno 2001. Più specificatamente, vengono rappresentate graficamente le analisi inerenti al confronto delle fonti luminose con la densità rispettivamente delle imprese e degli addetti operanti negli specifici settori.



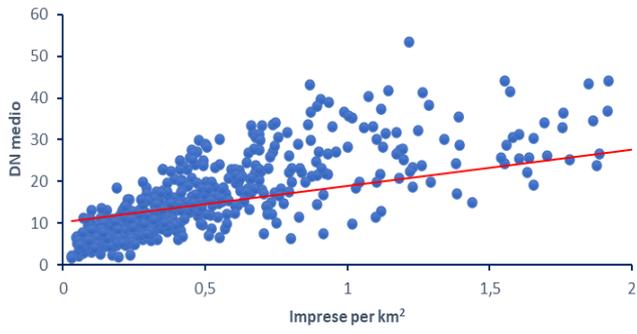
## Appendice F

Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> delle imprese relative all'anno 2001.

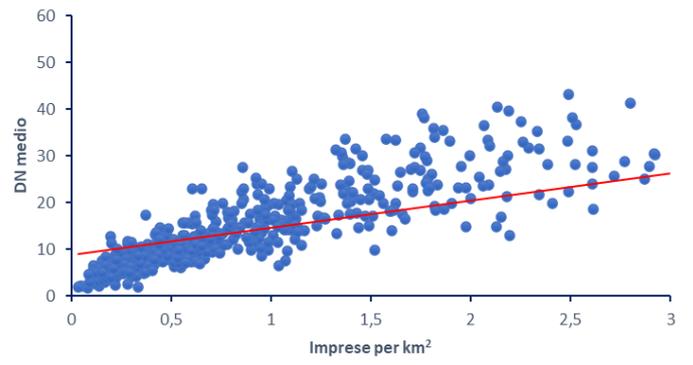




SLL 2001 - imprese settore attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento

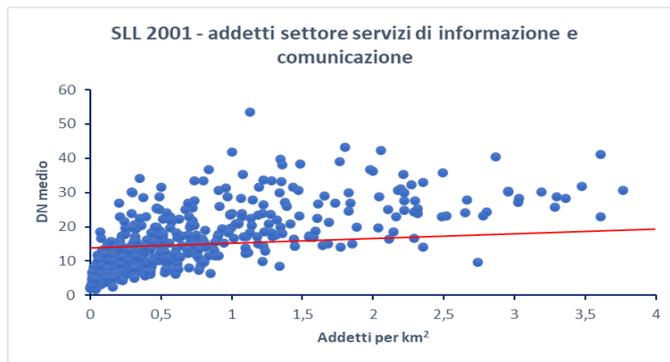
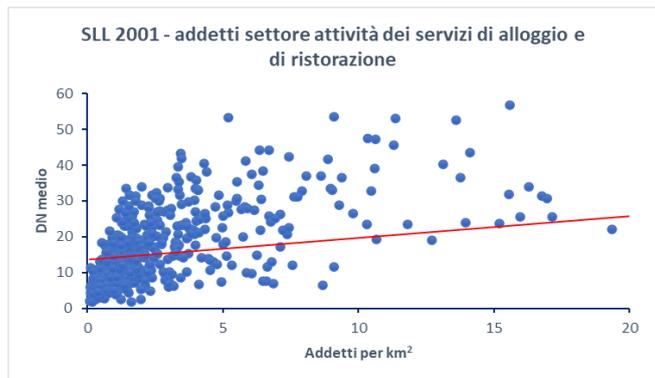
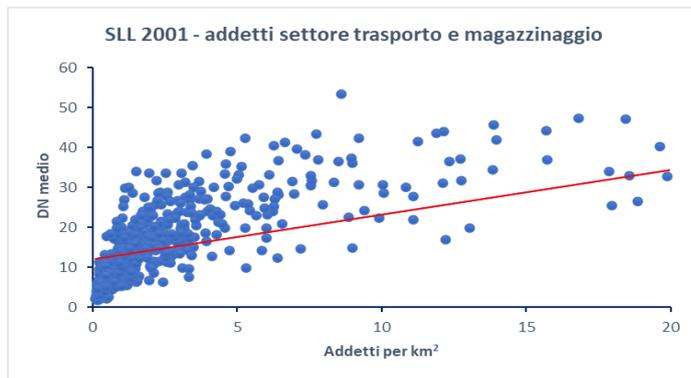
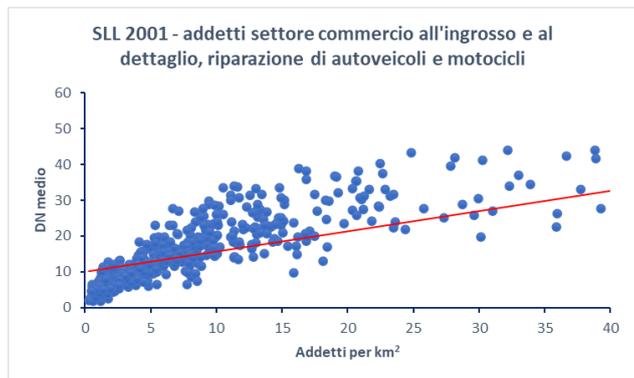
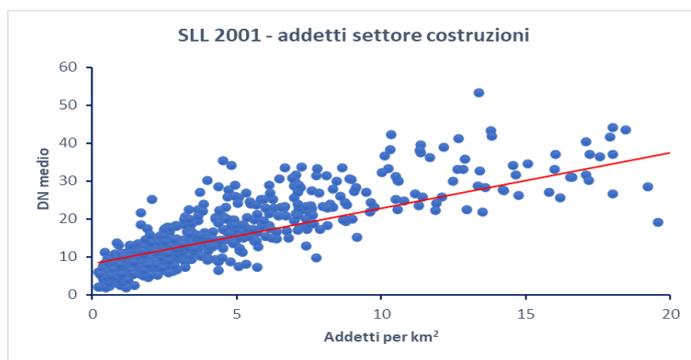
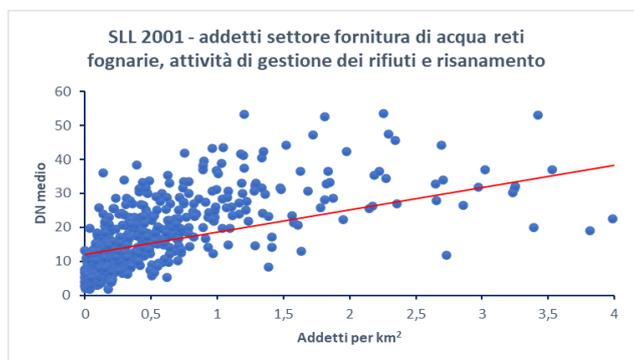
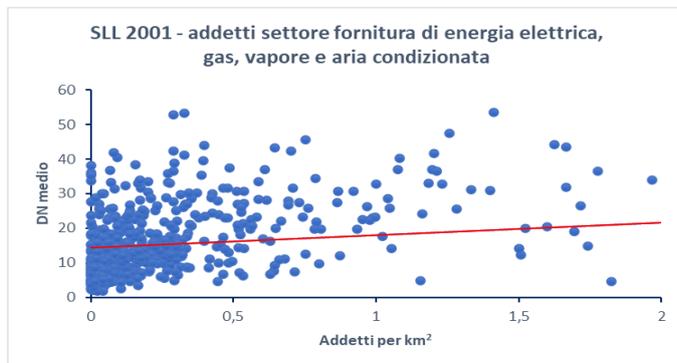
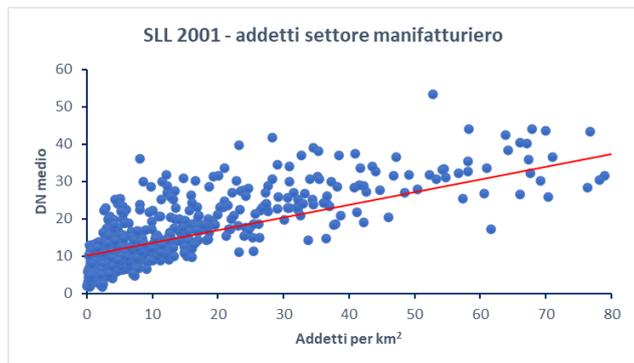


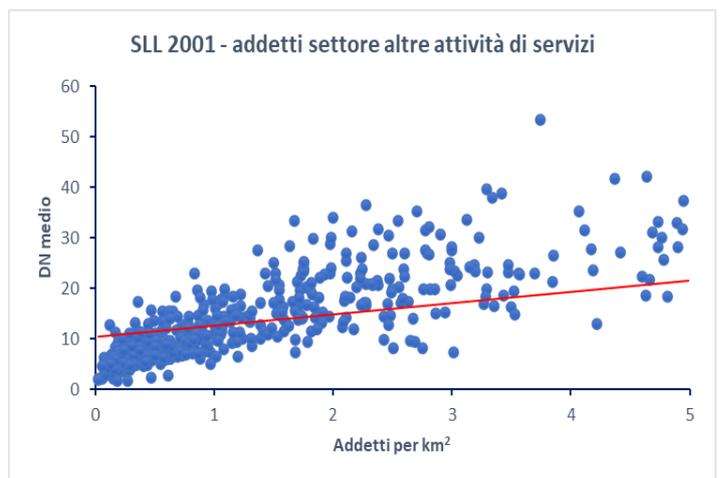
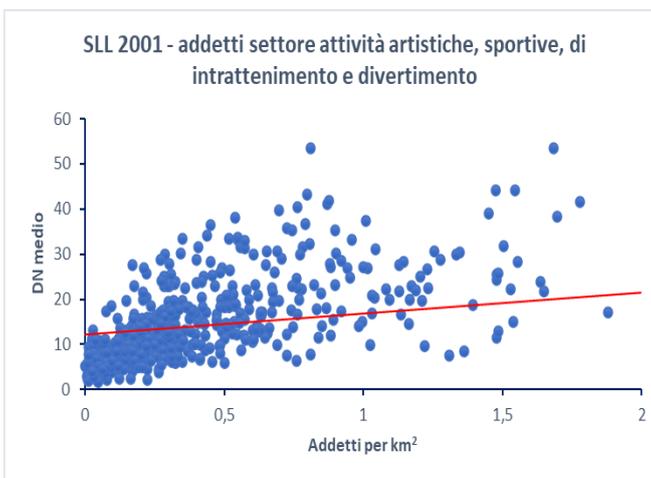
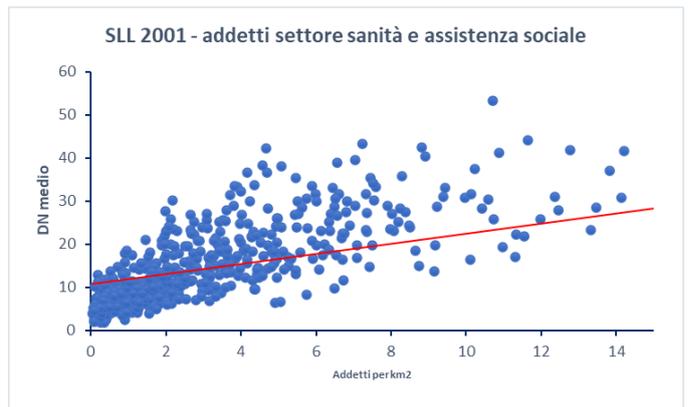
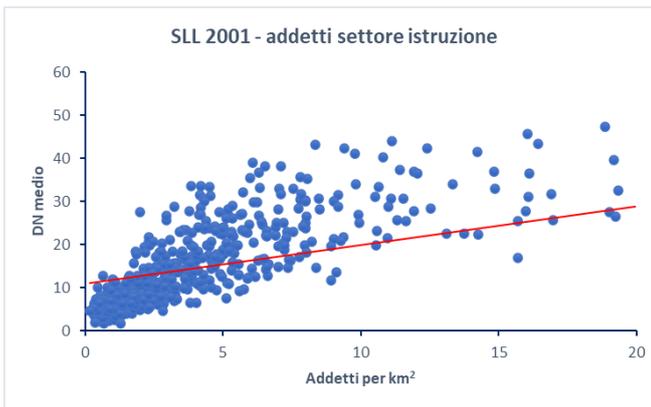
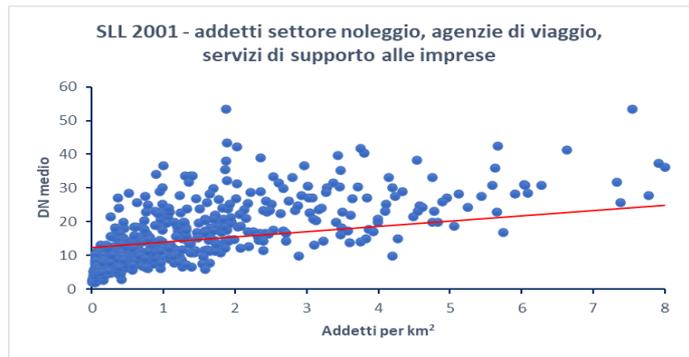
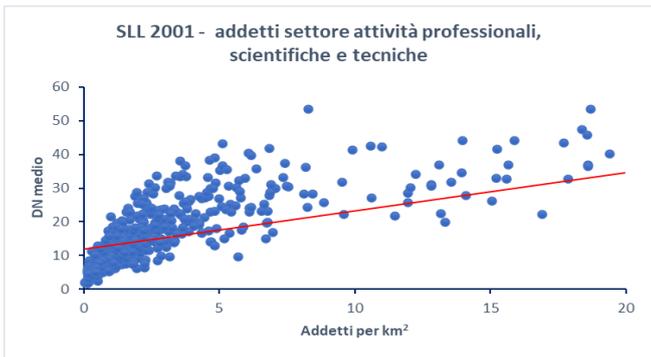
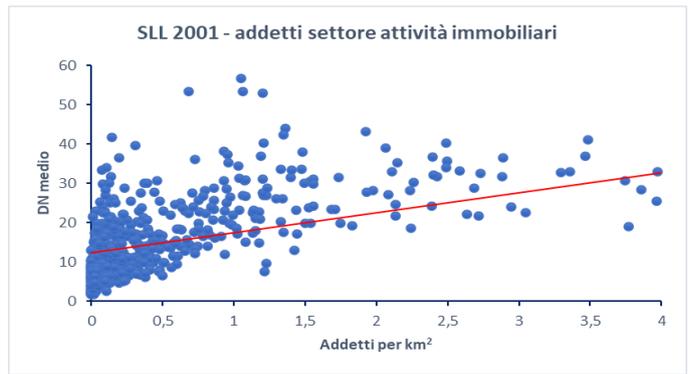
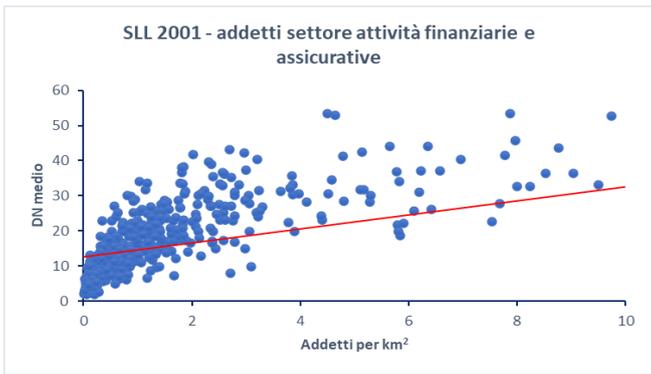
SLL 2001 - imprese settore altre attività di servizi



## Appendice G

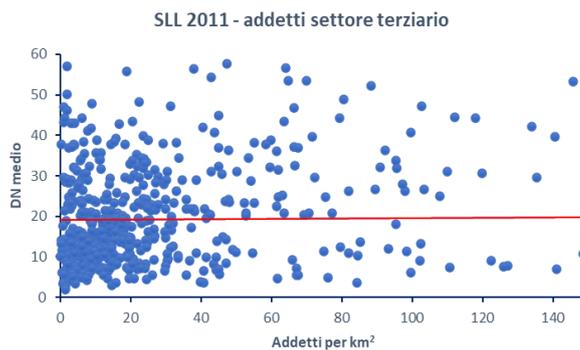
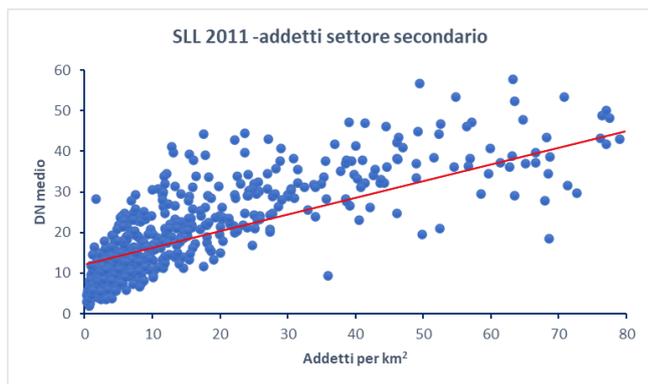
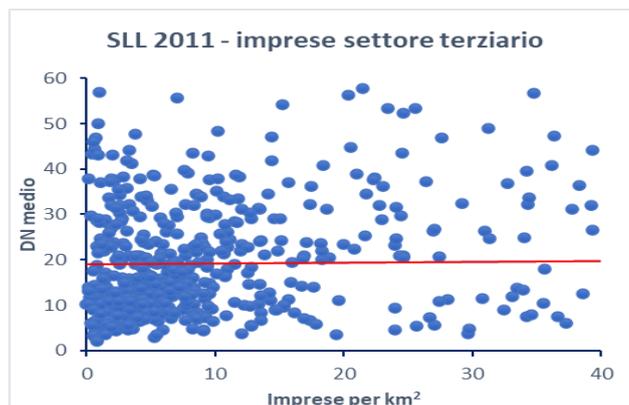
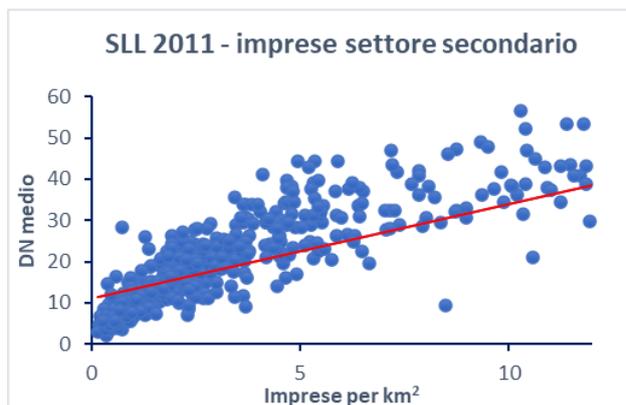
Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> degli addetti relative all'anno 2001.





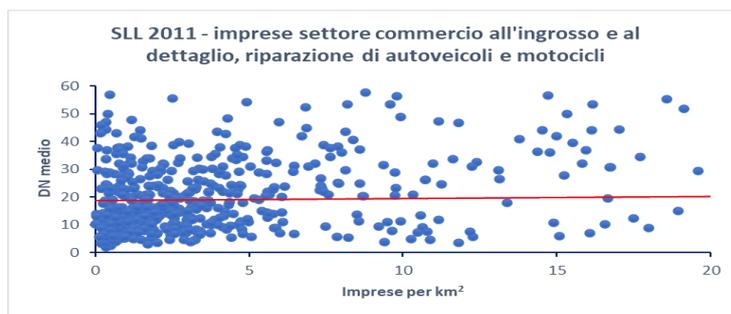
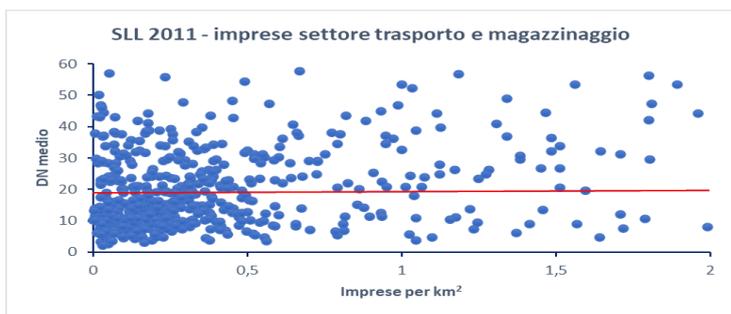
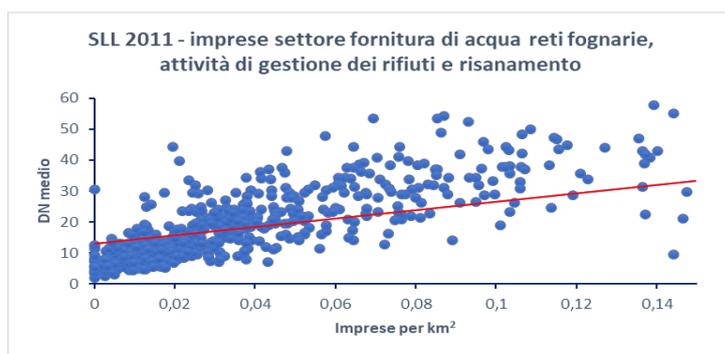
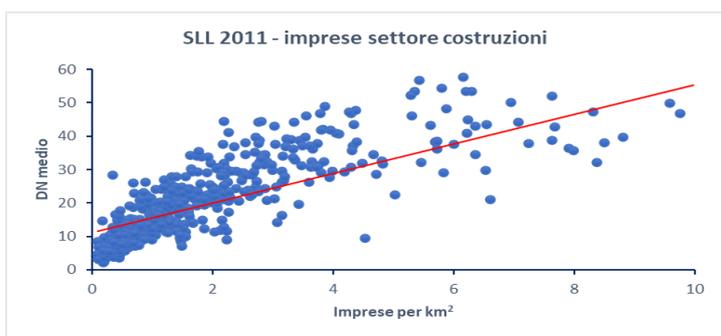
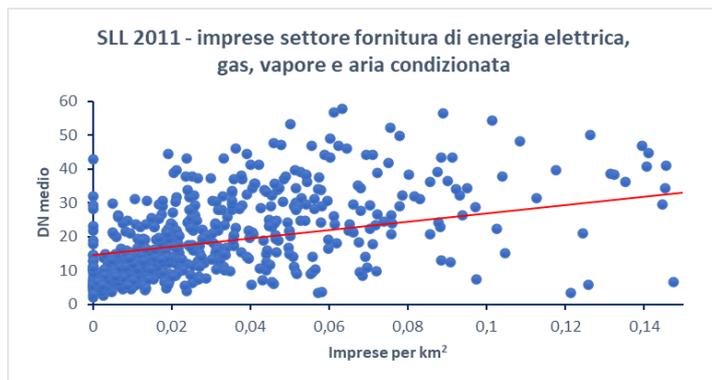
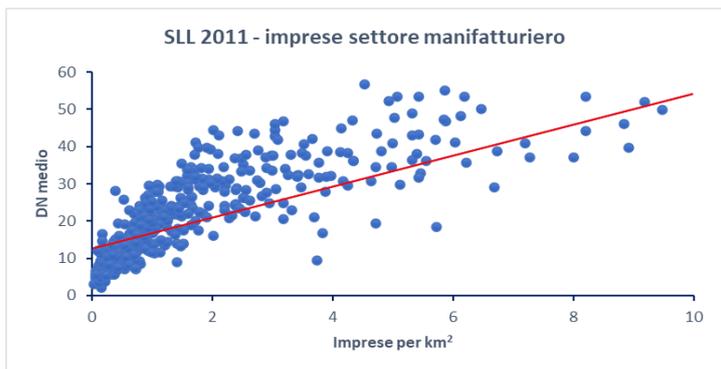
## Appendice H

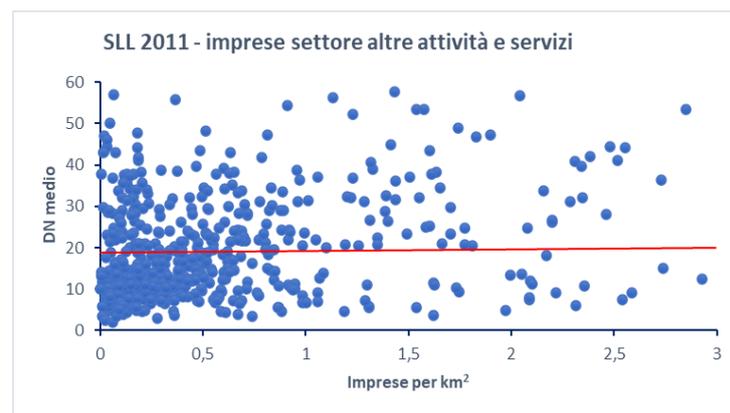
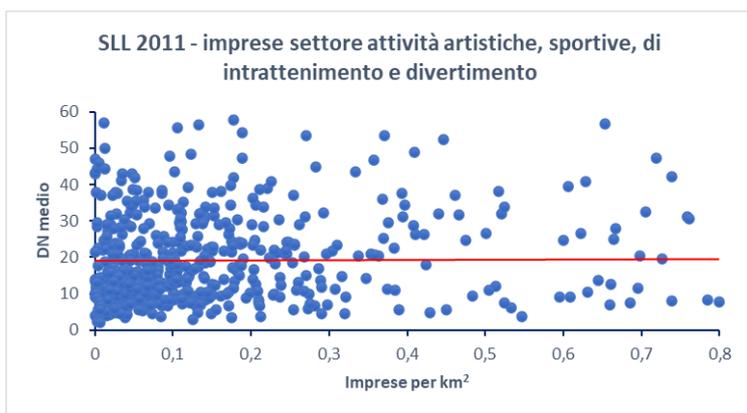
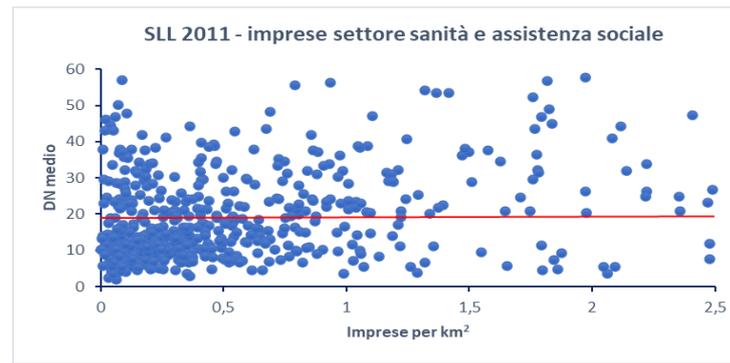
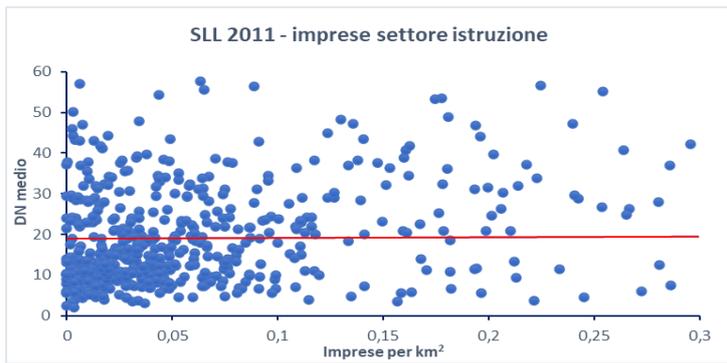
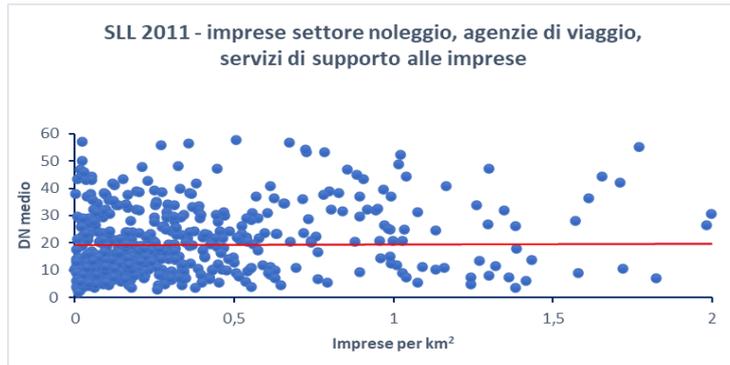
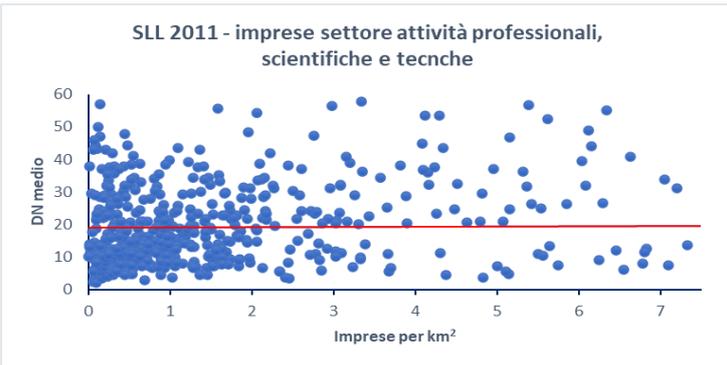
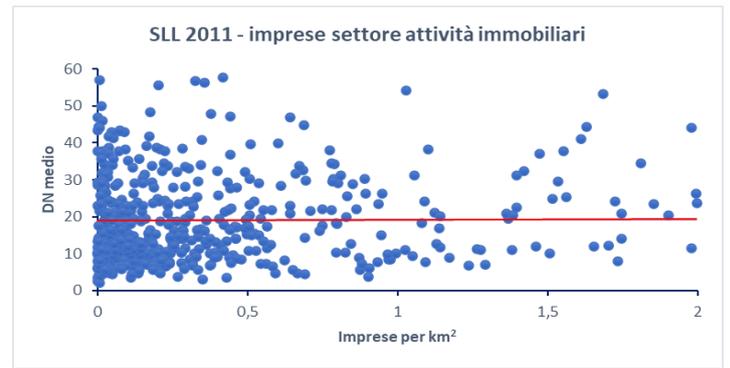
Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> delle imprese relative all'anno 2011. Più specificatamente, vengono rappresentate graficamente le analisi inerenti al confronto delle fonti luminose con la densità rispettivamente delle imprese e degli addetti operanti negli specifici settori.



## Appendice I

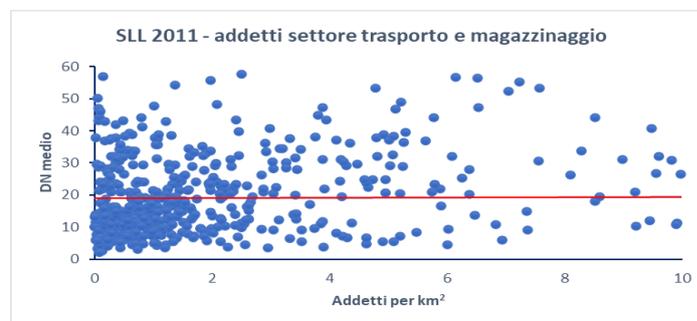
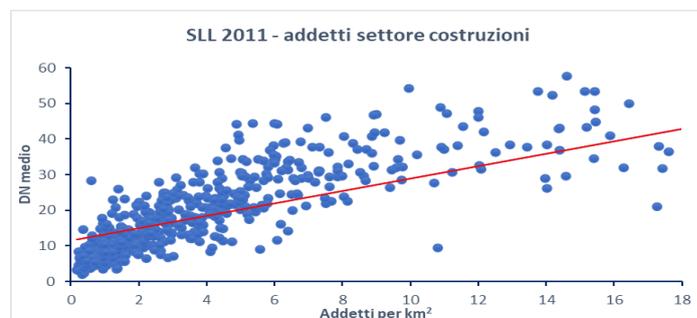
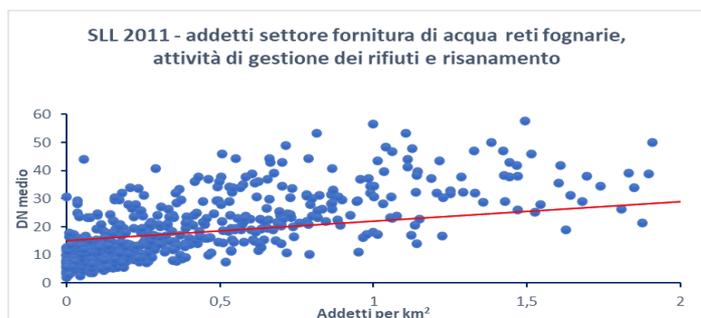
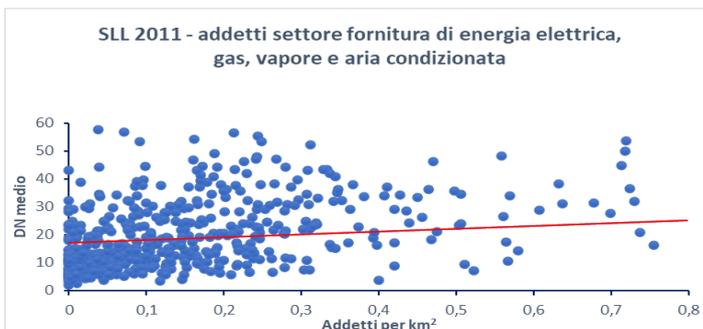
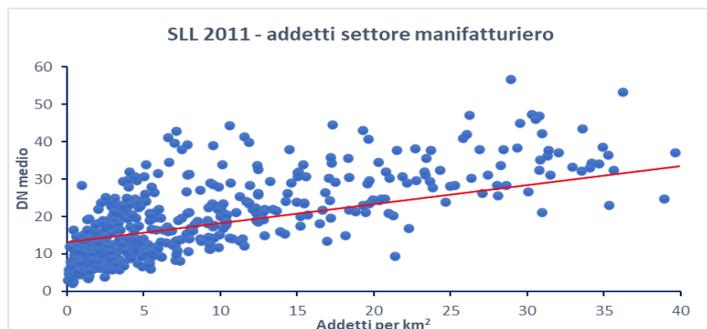
Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> delle imprese relative all'anno 2011.

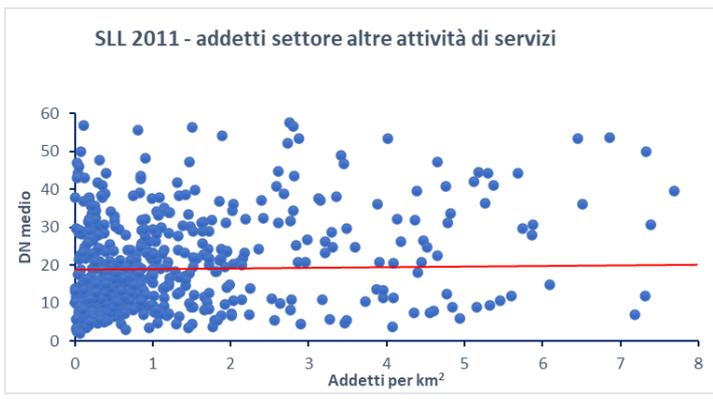
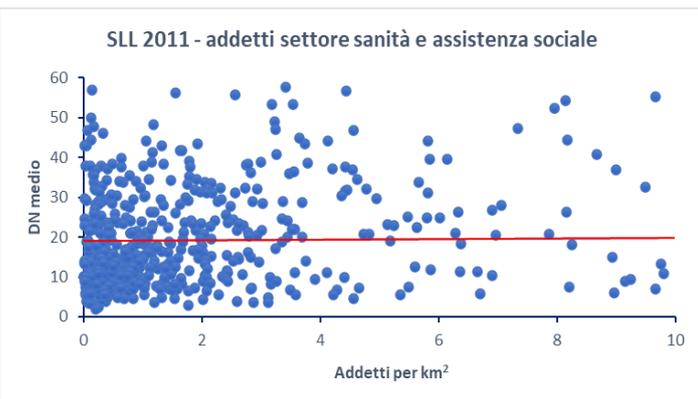
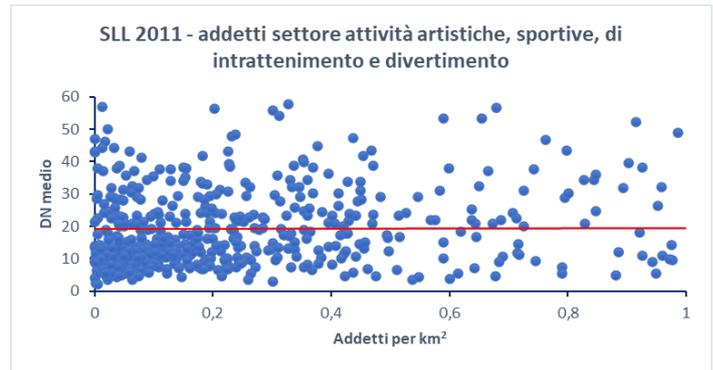
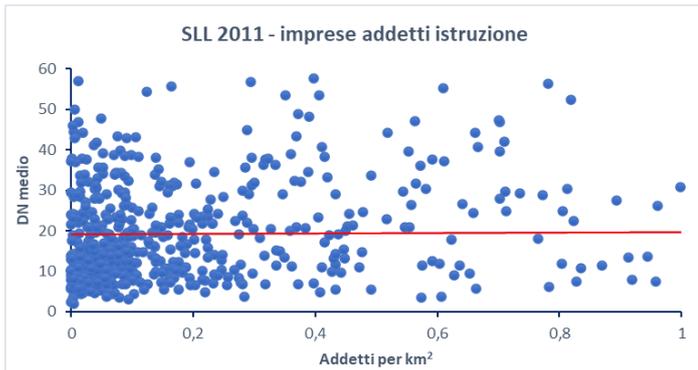
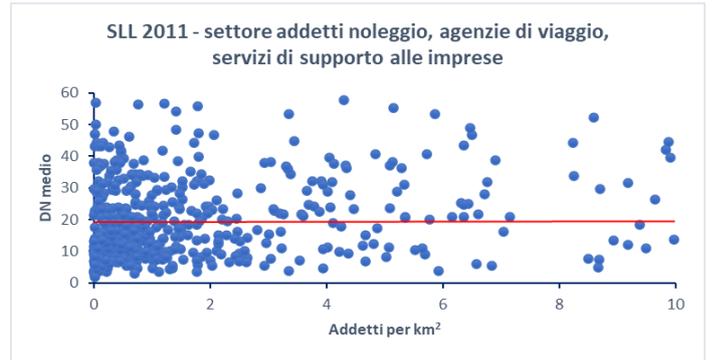
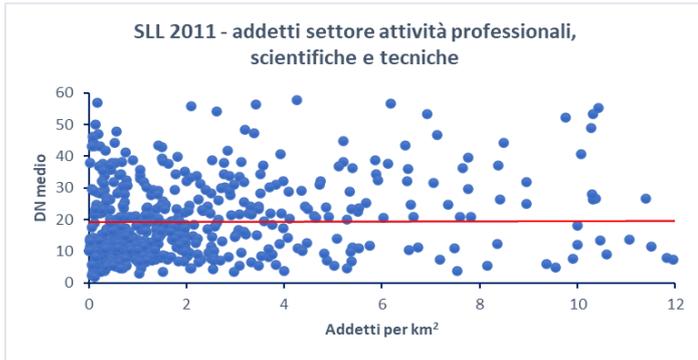
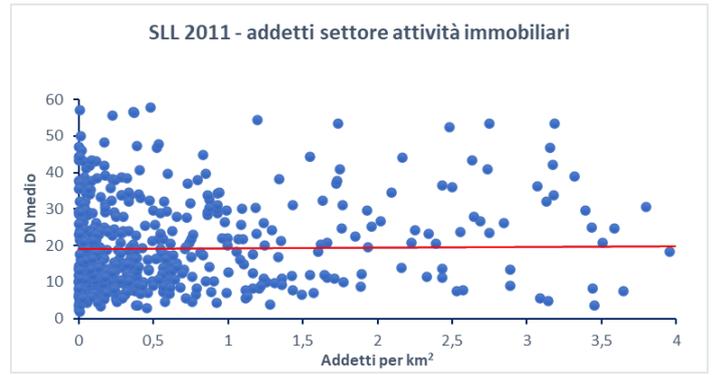
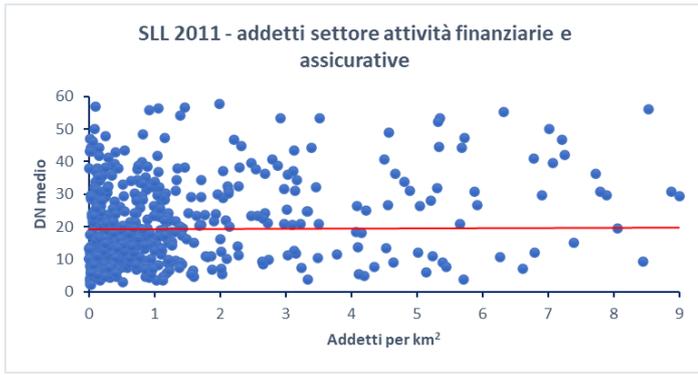




## Appendice J

Nel seguente Appendice vengono rappresentate in forma grafica tutte le analisi univariate in cui sull'asse delle ordinate viene rappresentata l'intensità media luminosa (DN medio) e sull'asse delle ascisse viene rappresentata la densità per km<sup>2</sup> degli addetti relative all'anno 2011.

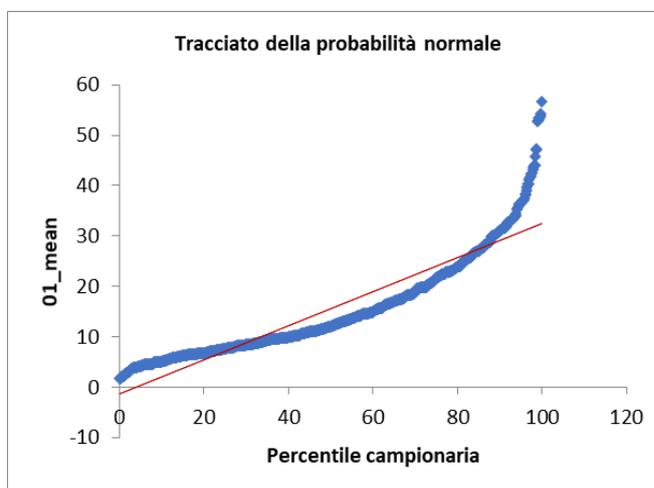
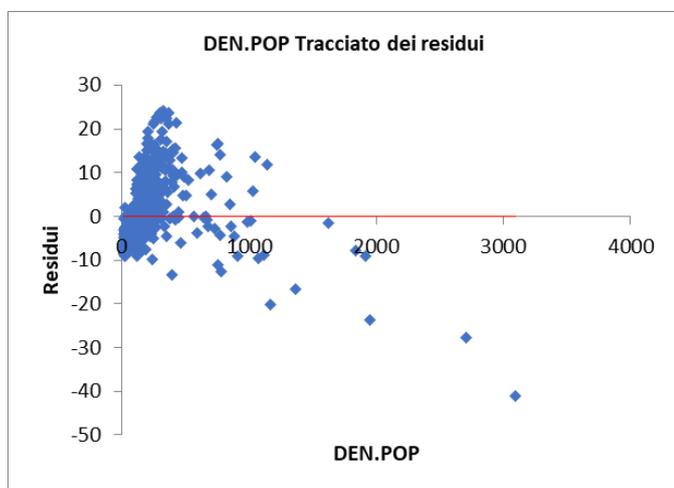




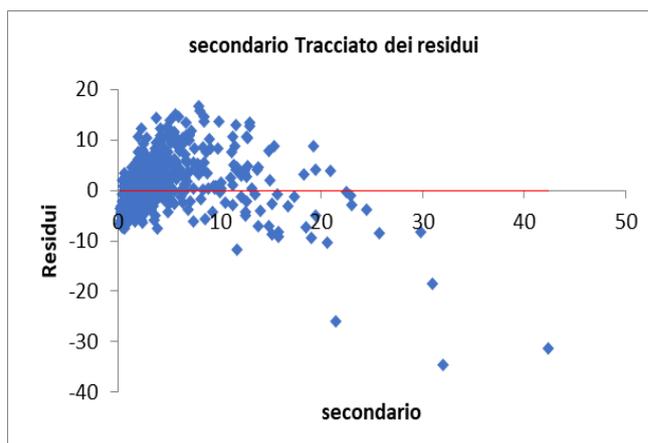
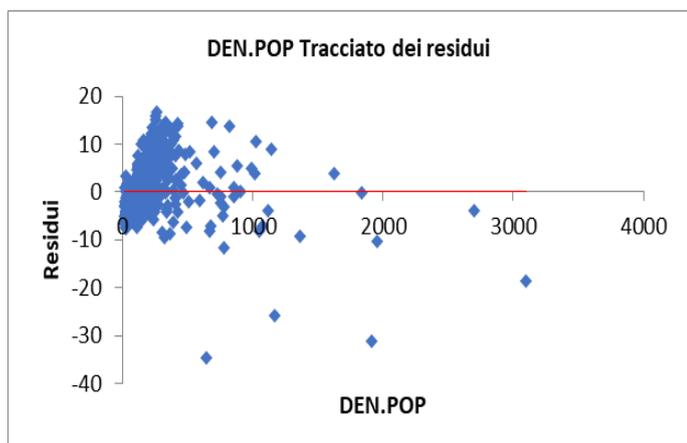
## Appendice K

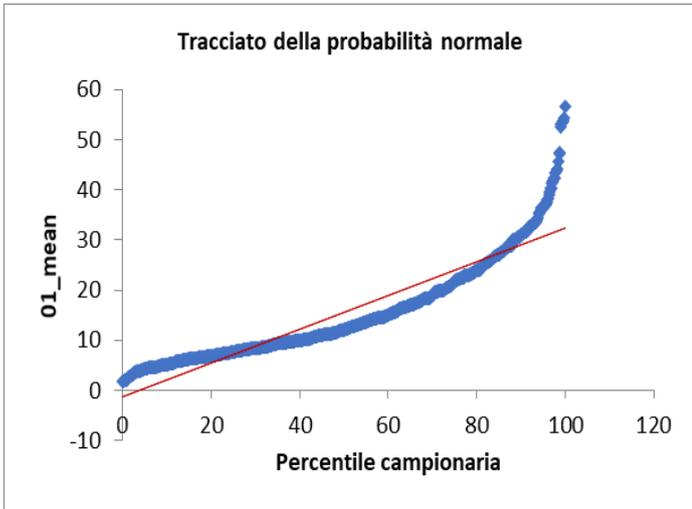
Nel seguente appendice vengono rappresentate le distribuzioni dei residui relativi ai modelli econometrici del 2001 nel quale viene considerata come proxy dell'attività economica la densità di imprese. In rosso è la linea di tendenza. Come si può notare dalla linea di tendenza la distribuzione dei residui per ogni variabile considerata nel modello ha valore atteso nullo; inoltre, per quel che riguarda il modello nel complesso si nota come i residui della regressione sono distribuiti secondo una distribuzione normale. Considerando anche il test F relativo alla significatività del modello se ne deduce che per la tipologia di modello econometrico adottata, ossia la regressione multipla, non ci sono elementi contrari che permettano di confutare la validità del modello rappresentato il fenomeno considerato.

### - Modello 1

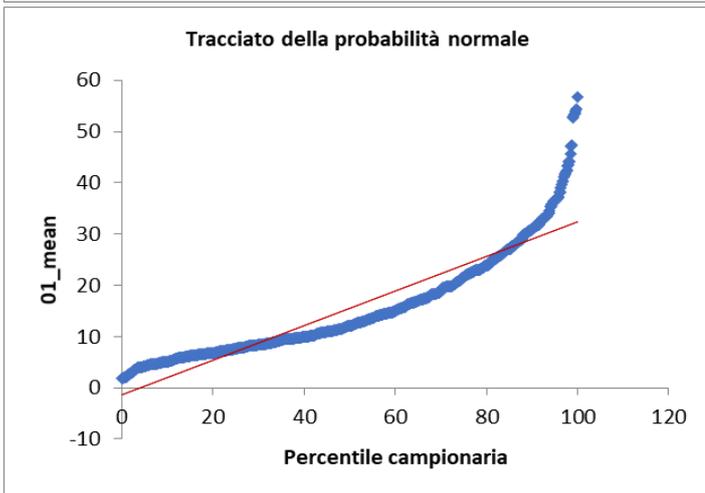
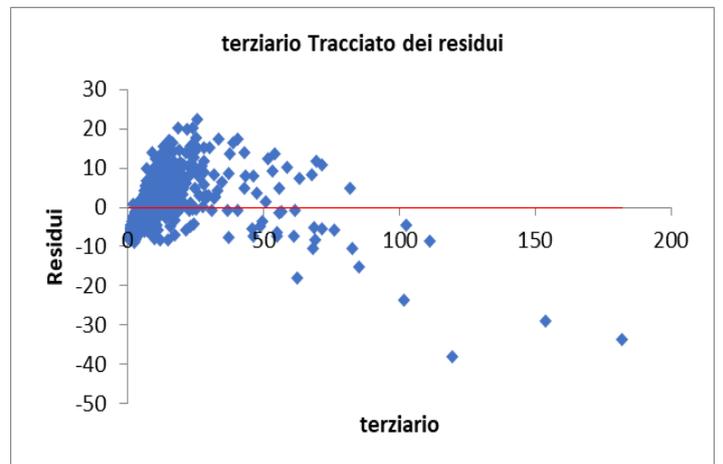
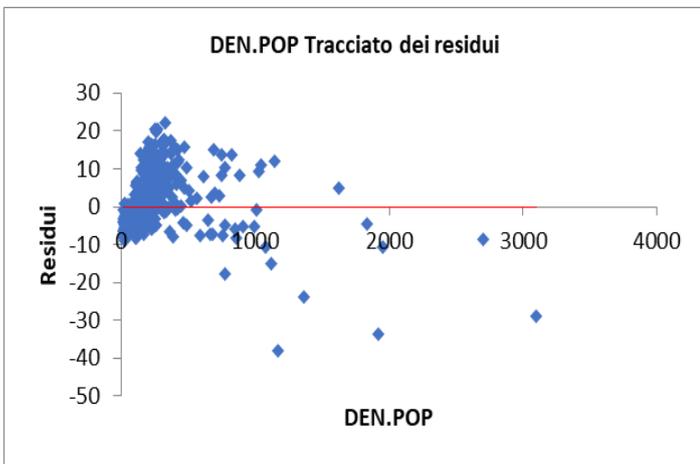


### - Modello 2

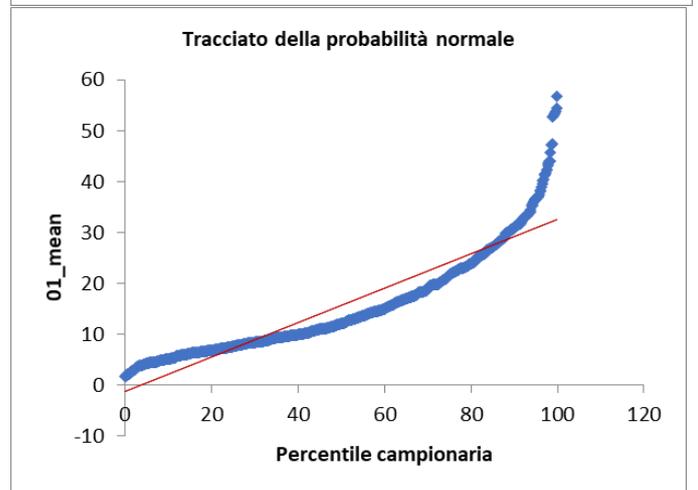
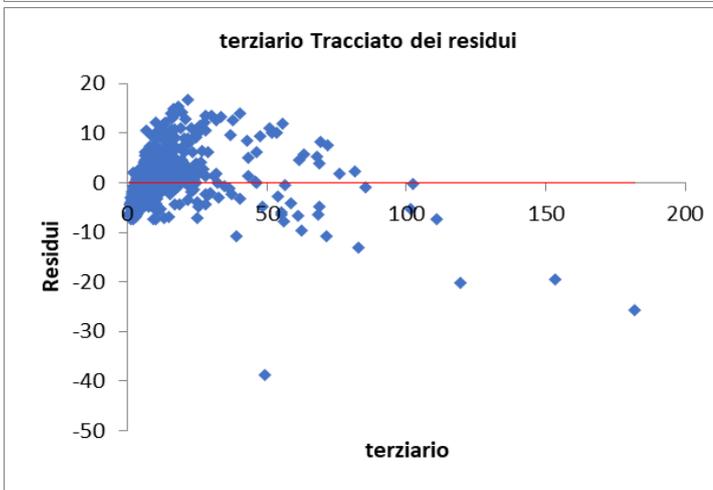
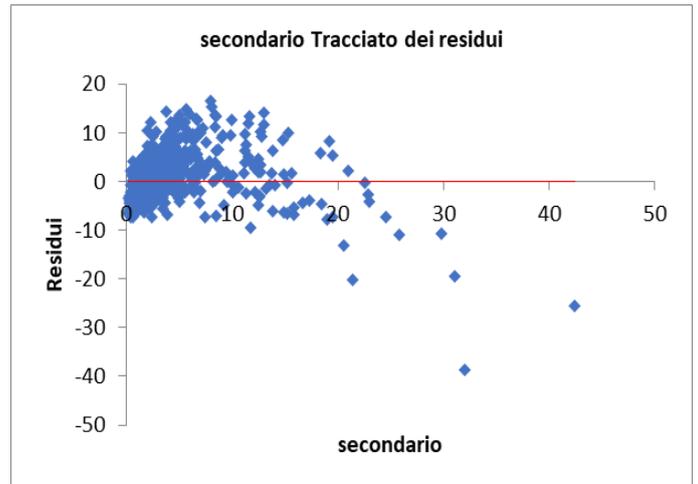
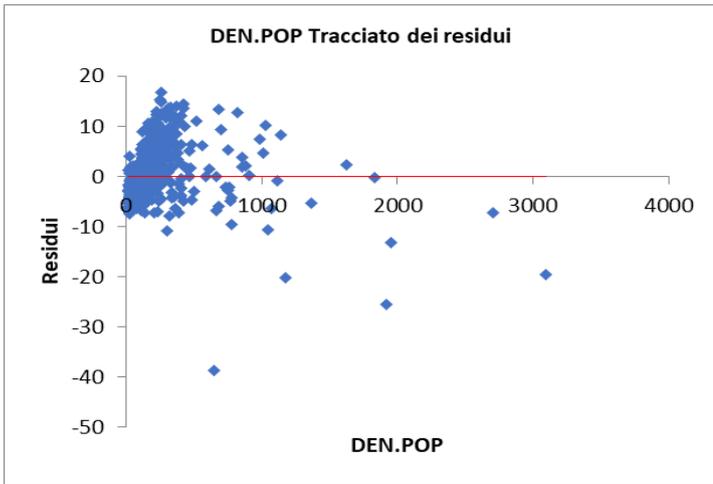




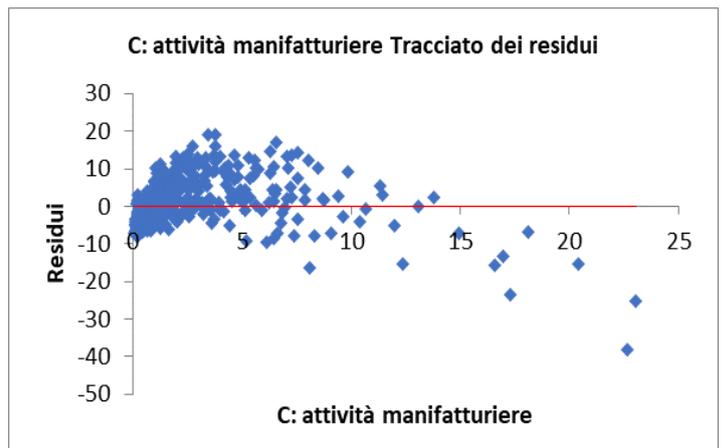
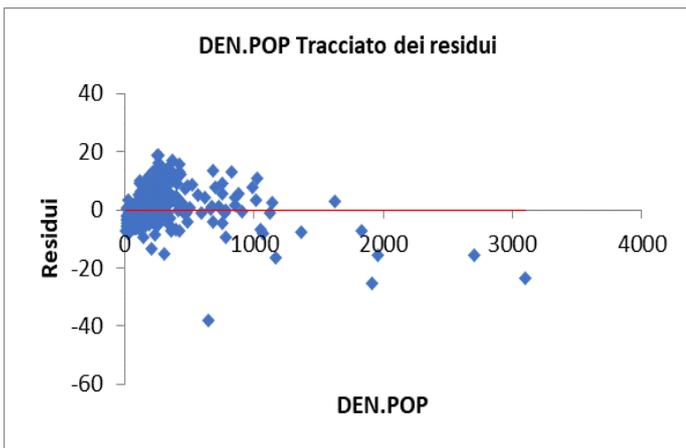
- Modello 3

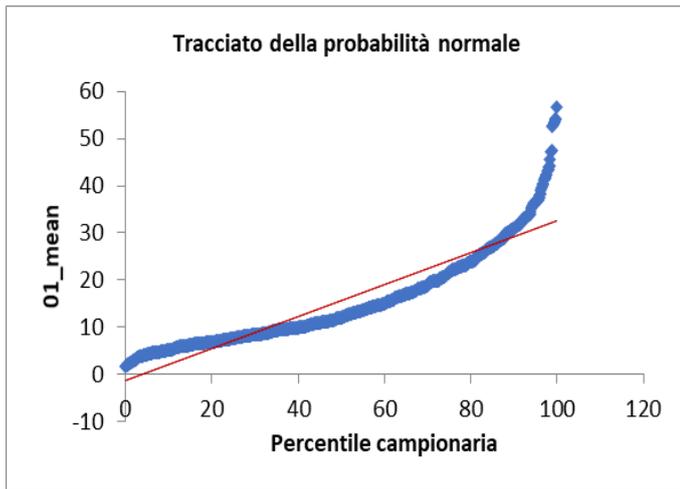


- Modello 4

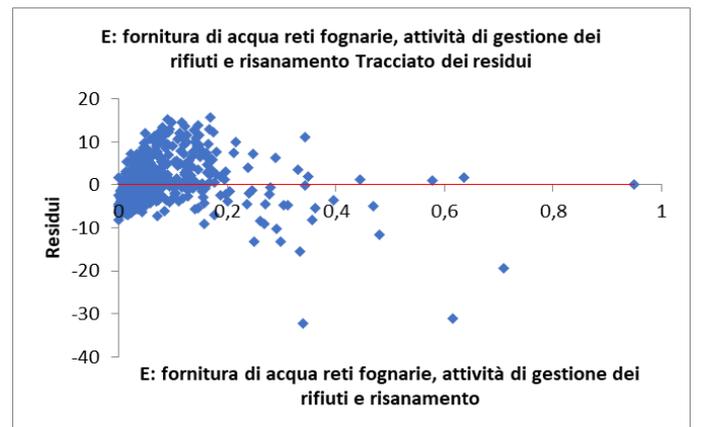
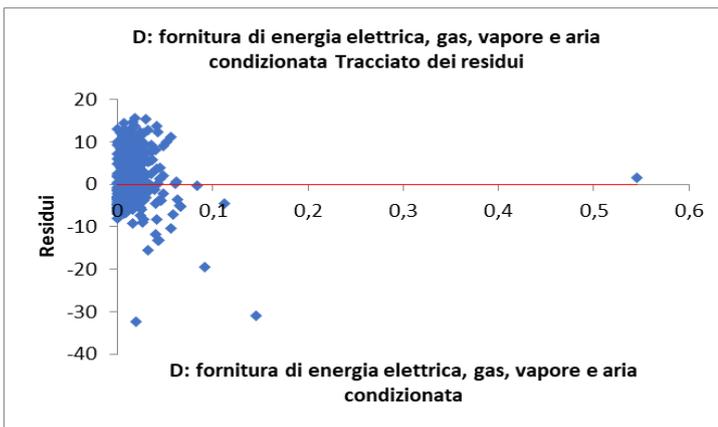
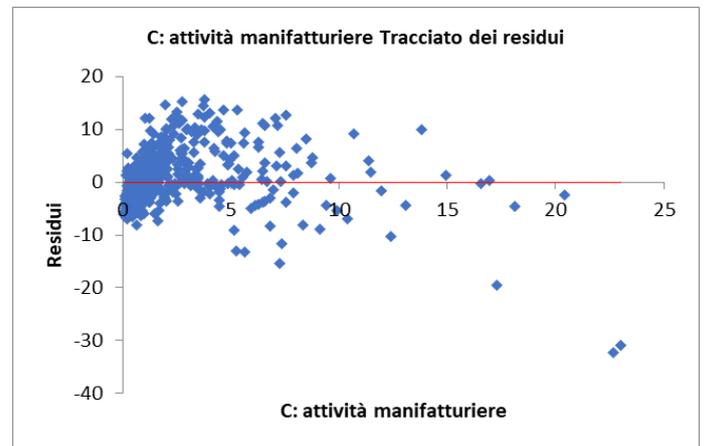
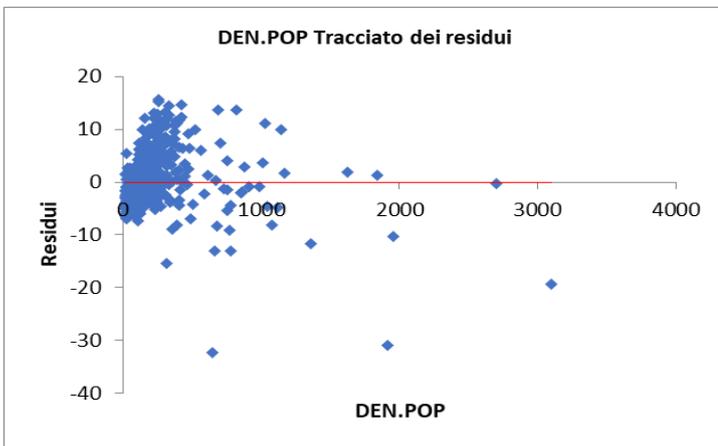


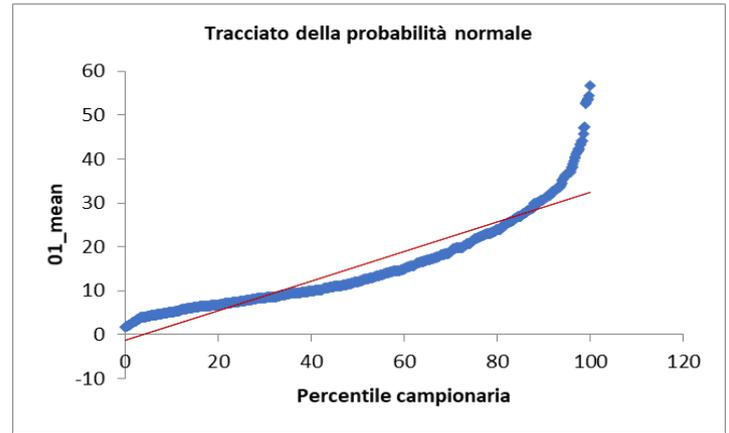
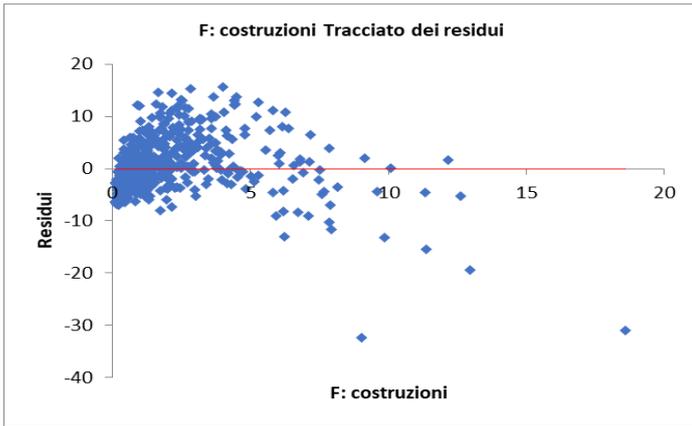
- Modello 5



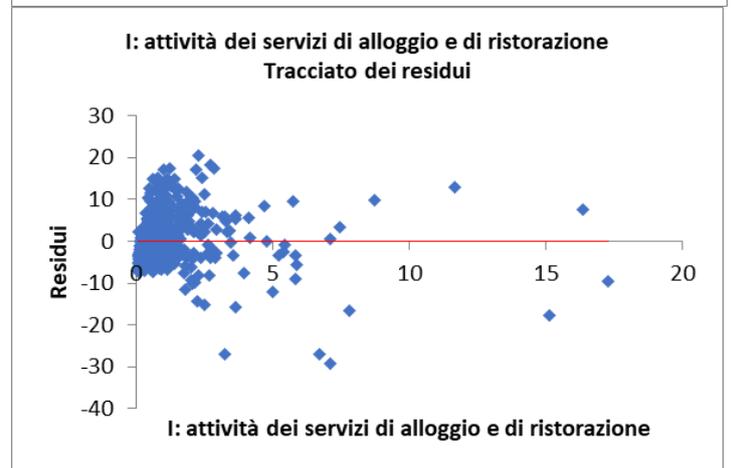
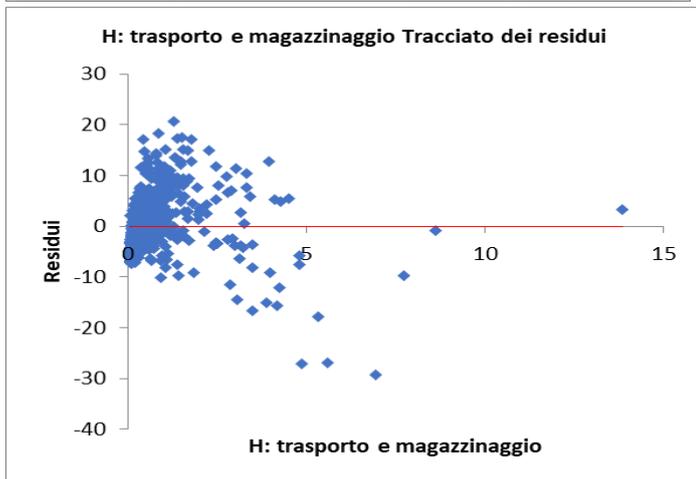
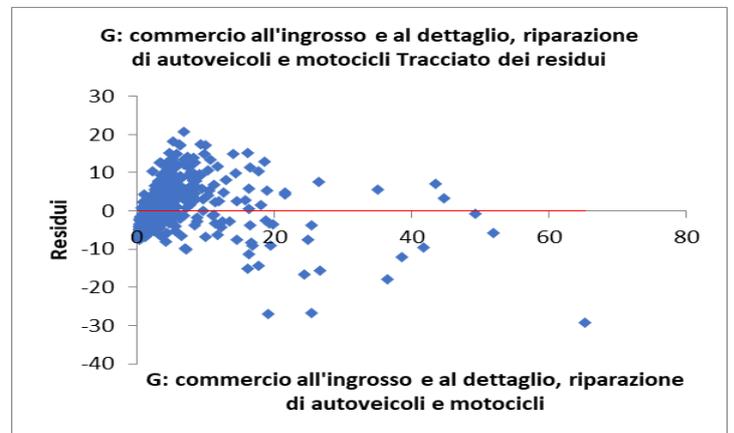
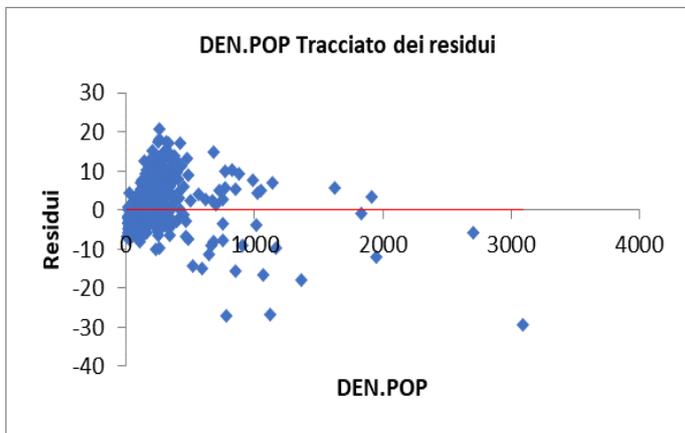


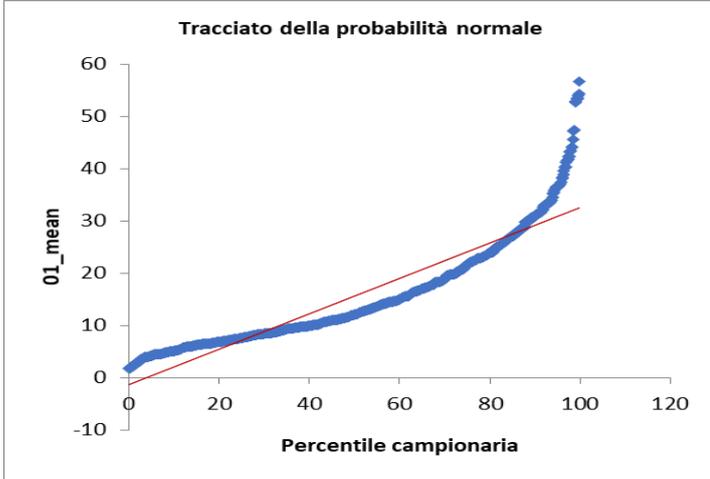
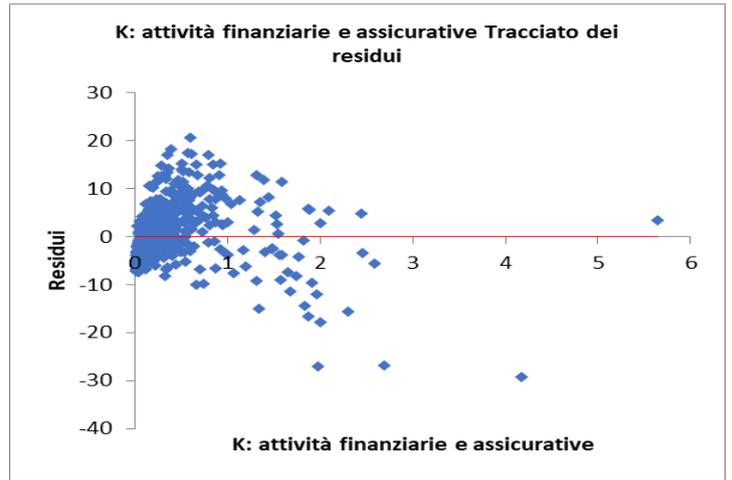
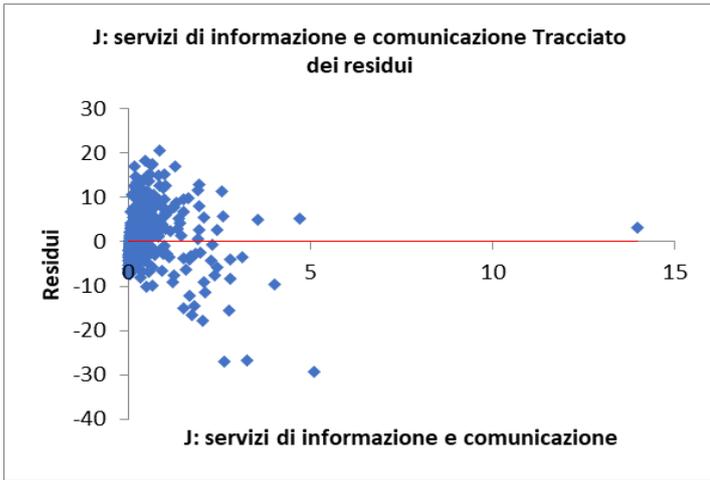
- Modello 6



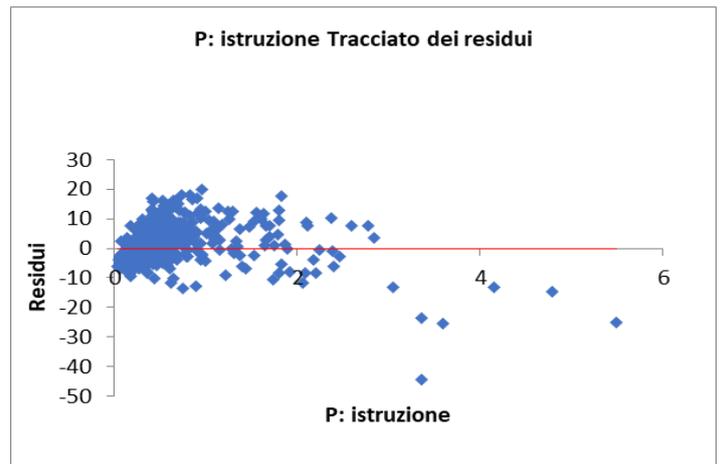
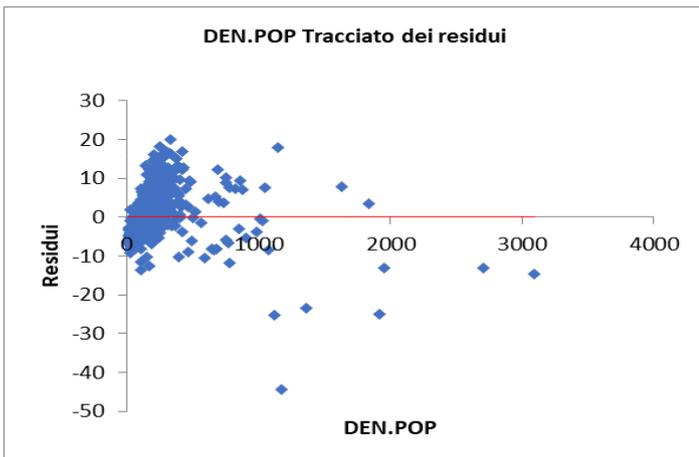


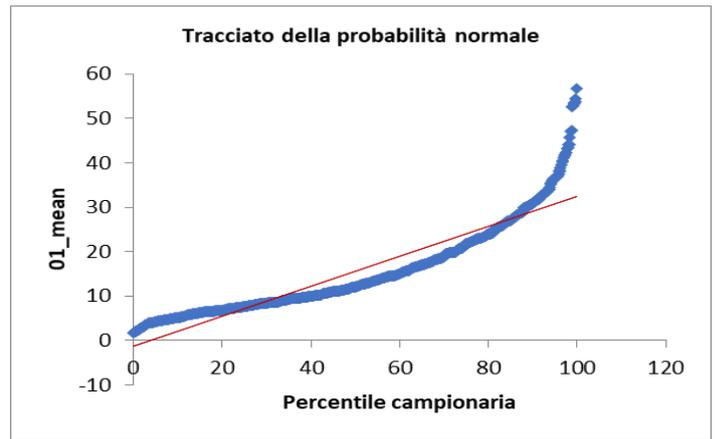
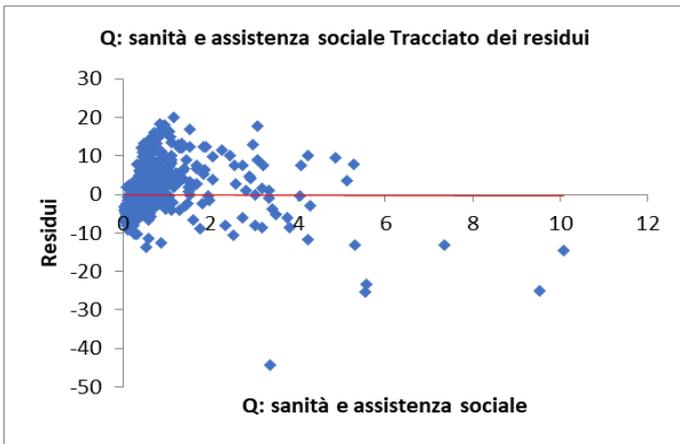
- Modello 7



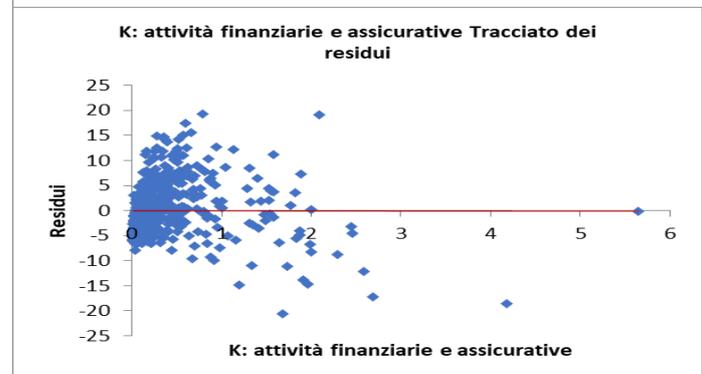
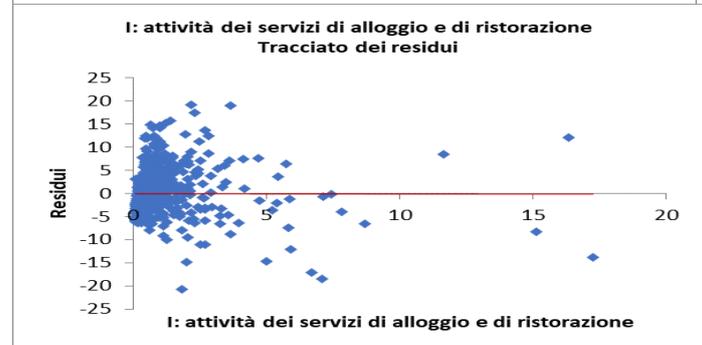
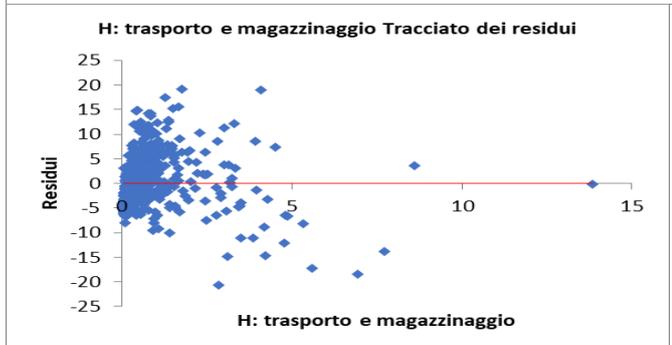
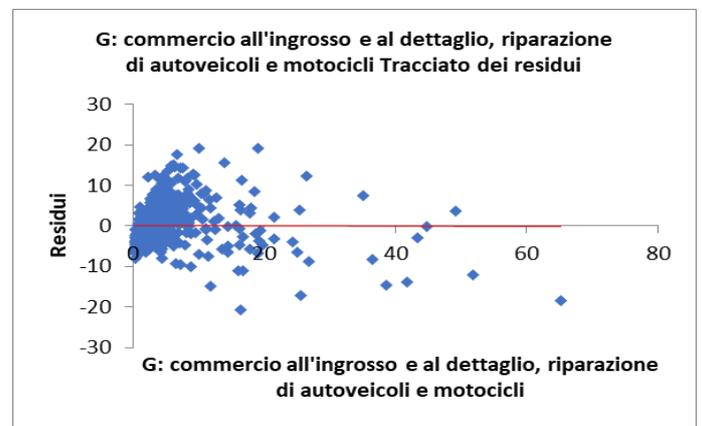
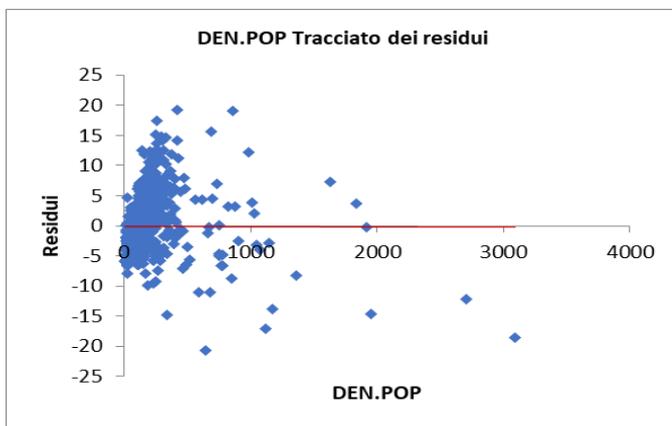


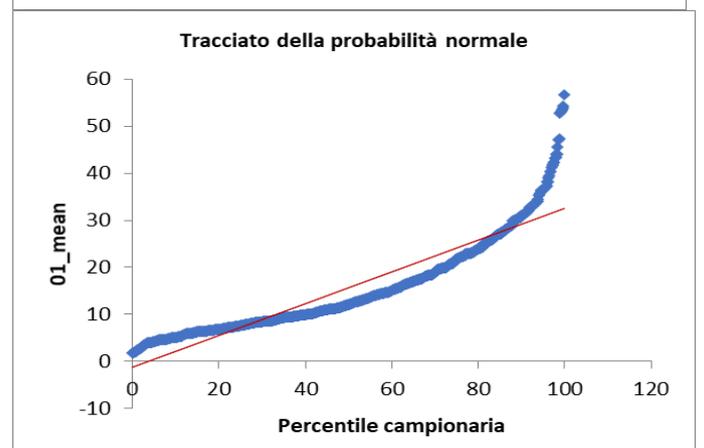
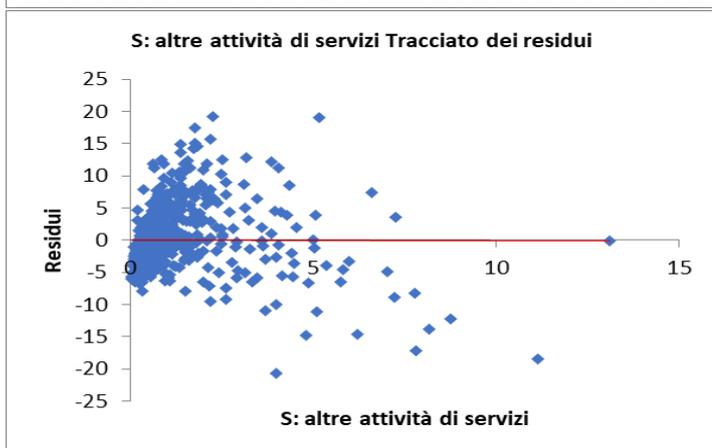
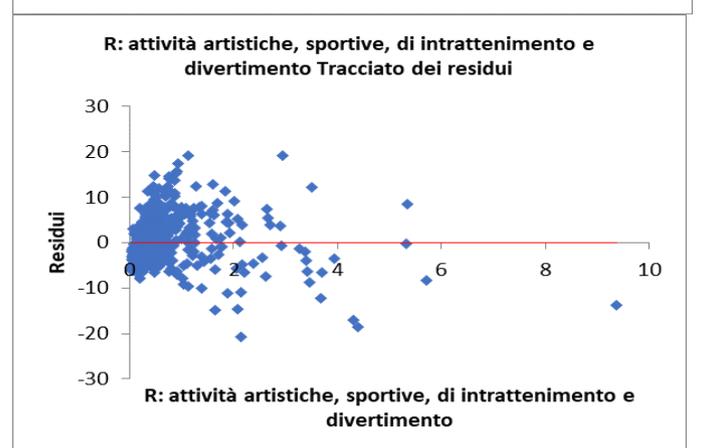
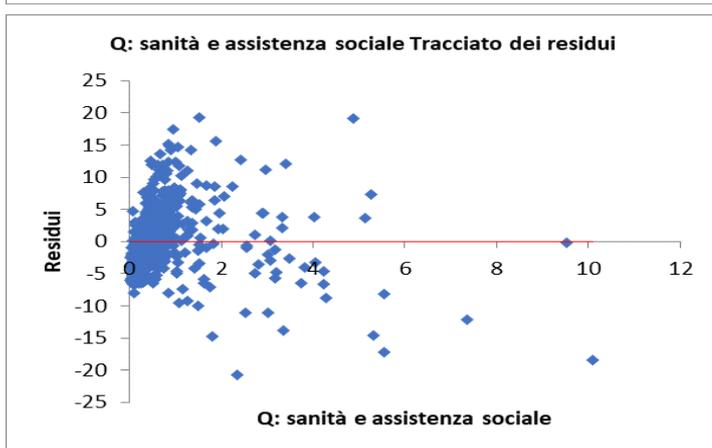
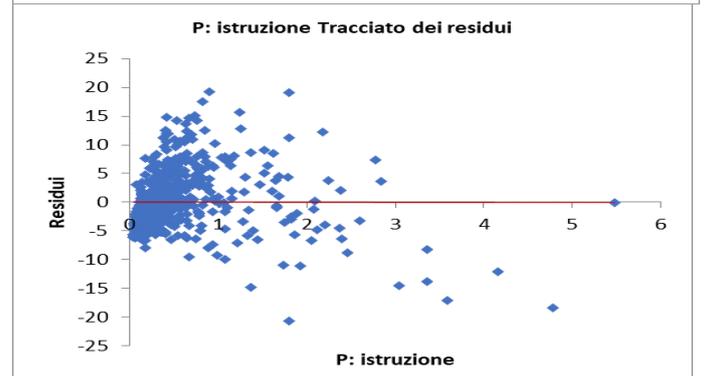
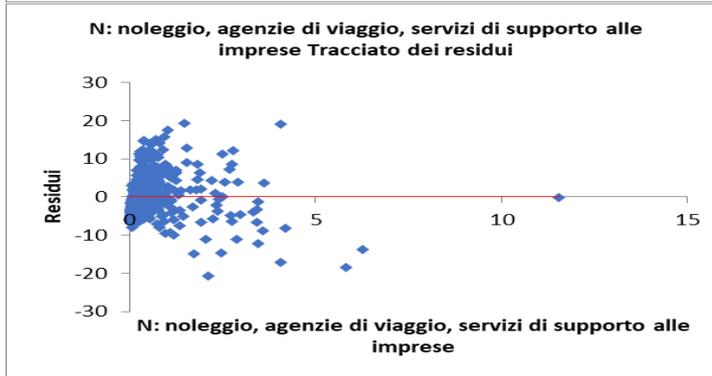
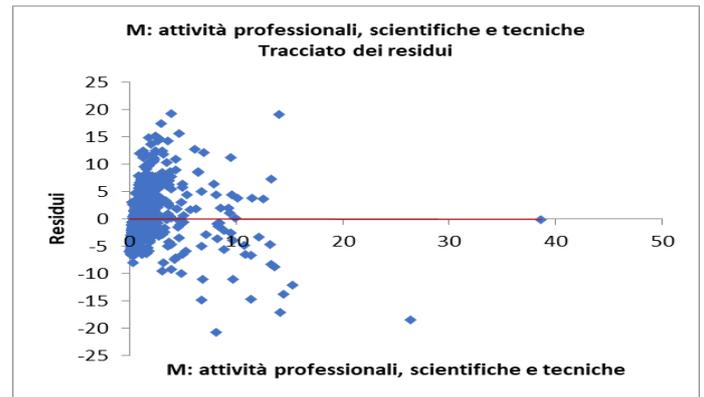
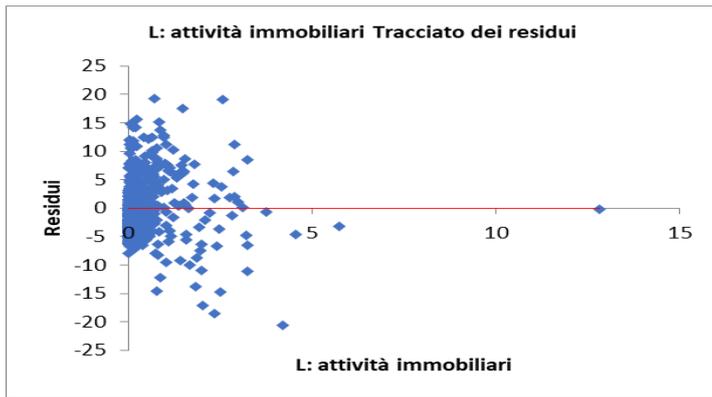
- Modello 8





- Modello 9

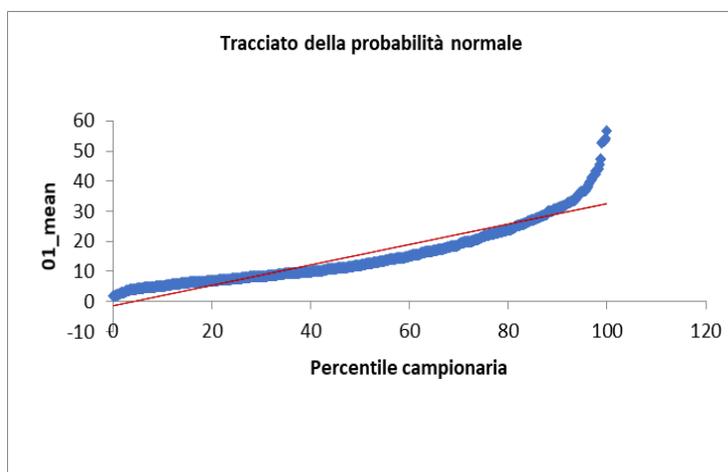
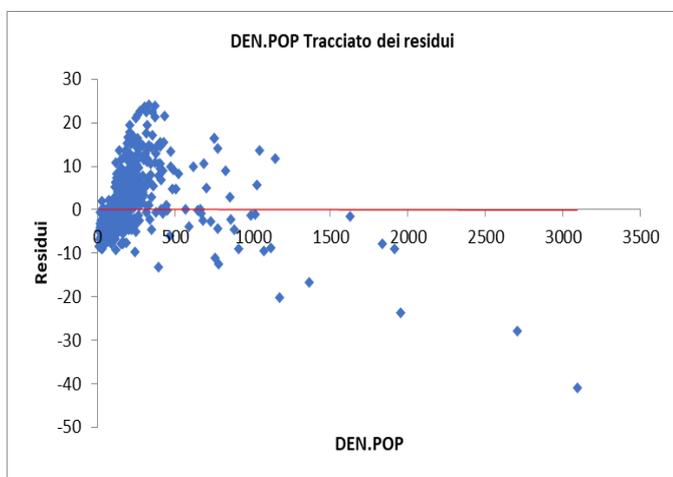




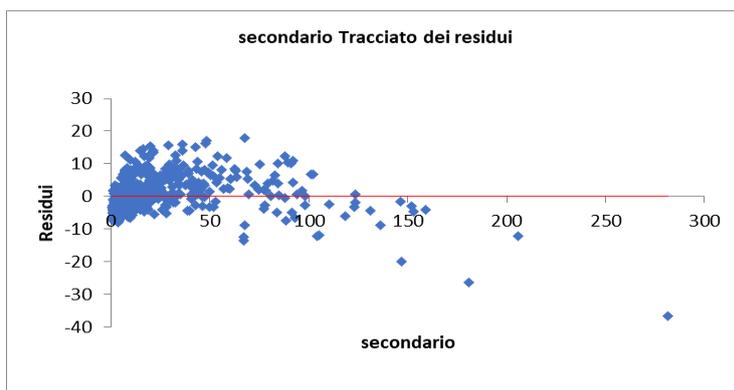
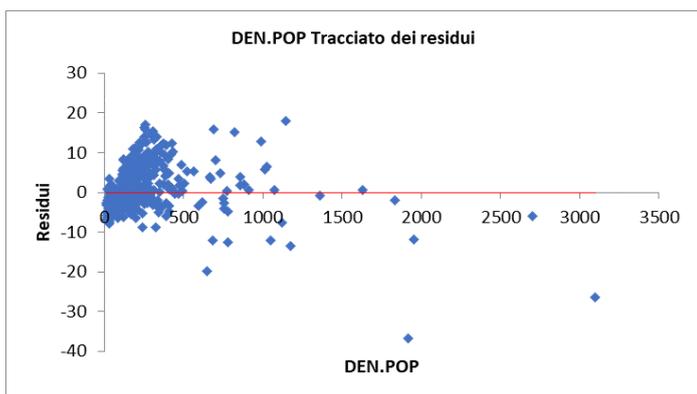
## Appendice L

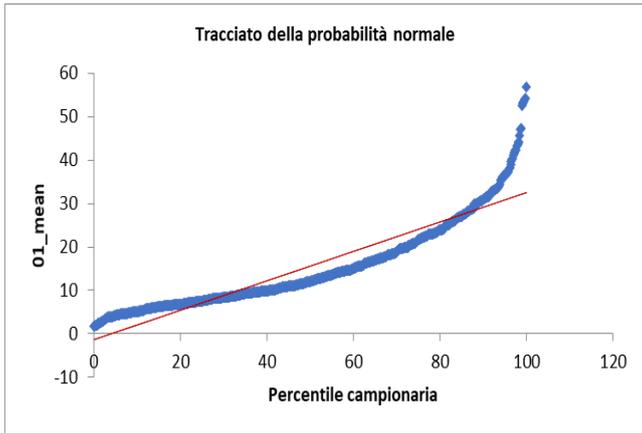
Nel seguente appendice vengono rappresentate le distribuzioni dei residui relativi ai modelli econometrici del 2001 nel quale viene considerata come proxy dell'attività economica la densità di addetti. In rosso è la linea di tendenza. Come si può notare dalla linea di tendenza la distribuzione dei residui per ogni variabile considerata nel modello ha valore atteso nullo; inoltre, per quel che riguarda il modello nel complesso si nota come i residui della regressione sono distribuiti secondo una distribuzione normale. Considerando anche il test F relativo alla significatività del modello se ne deduce che per la tipologia di modello econometrico adottata, ossia la regressione multipla, non ci sono elementi contrari che permettano di confutare la validità del modello rappresentare il fenomeno considerato.

### - Modello 1

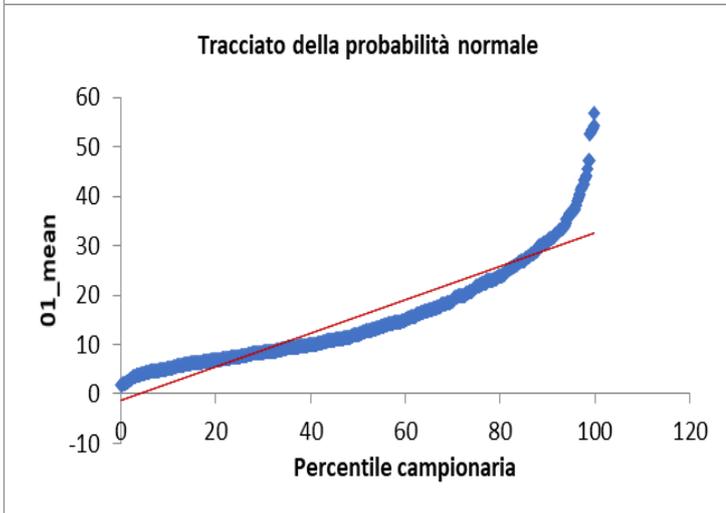
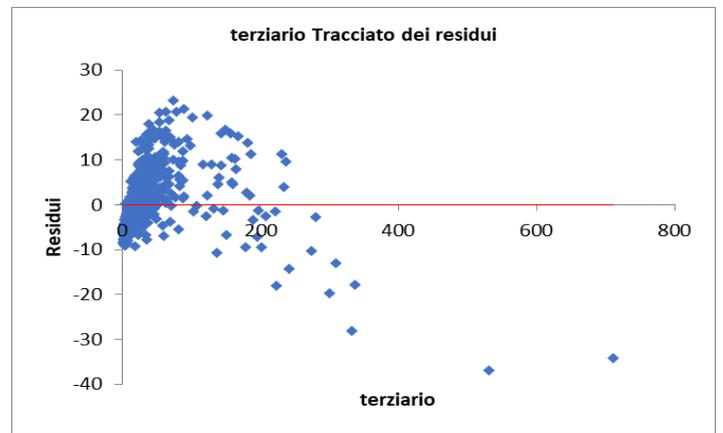
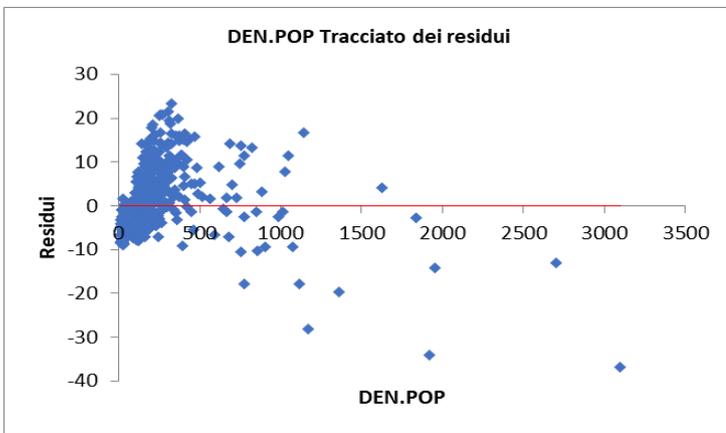


### - Modello 2

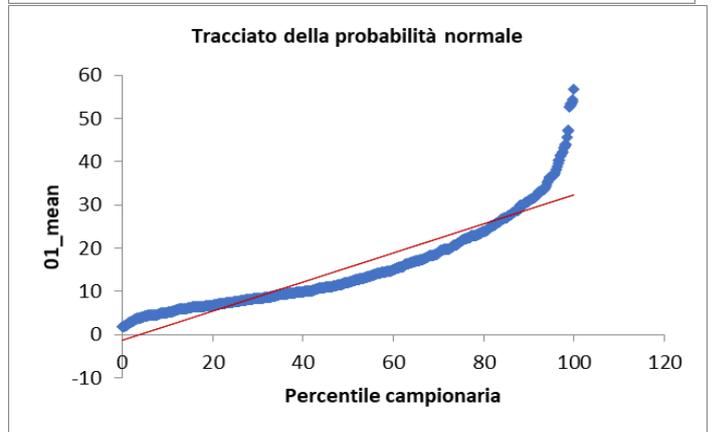
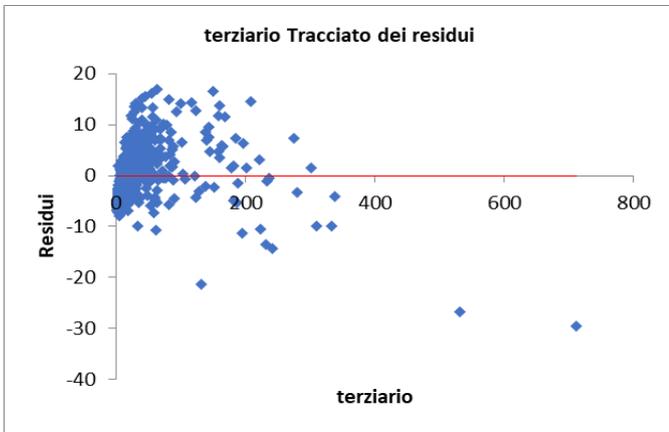
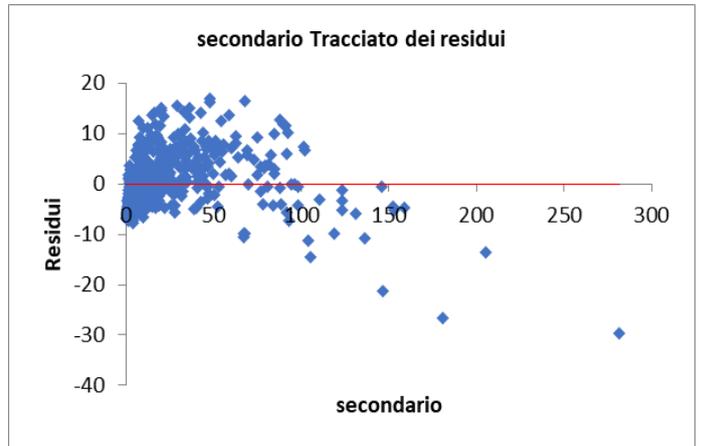
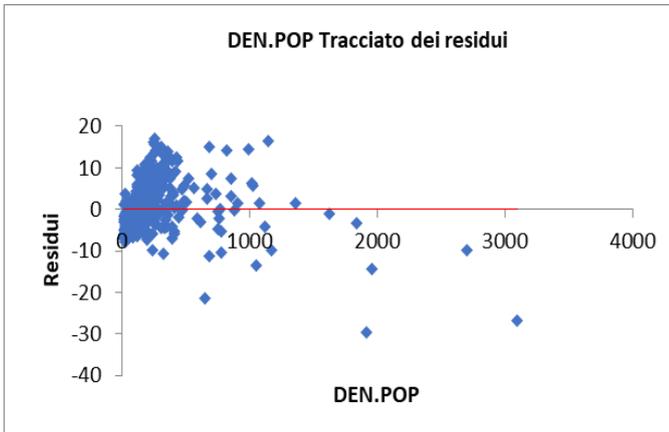




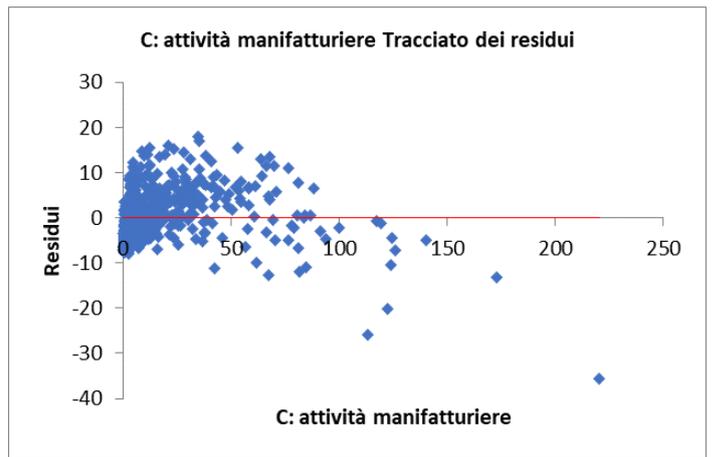
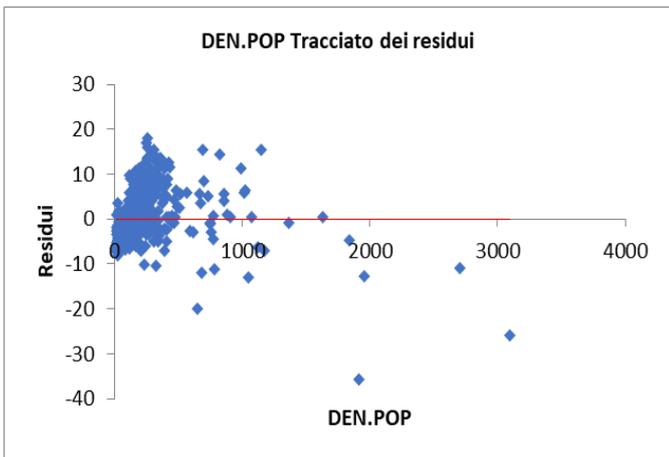
- Modello 3

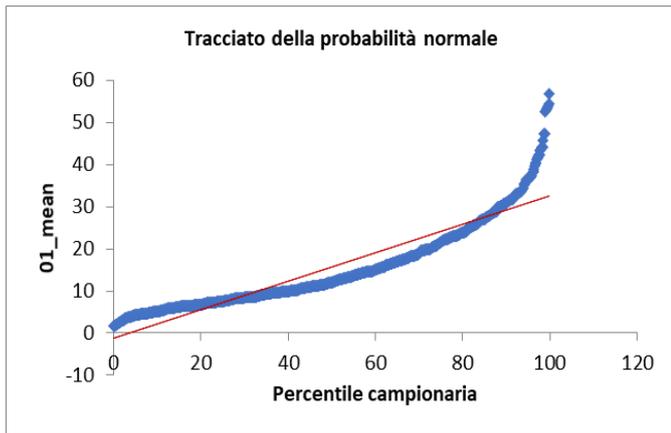


- Modello 4

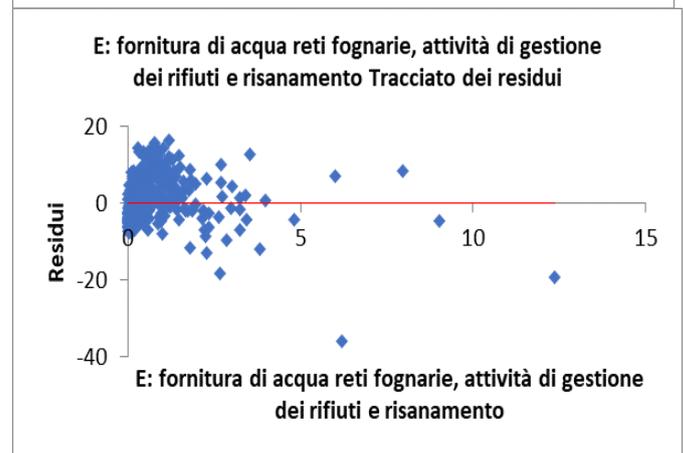
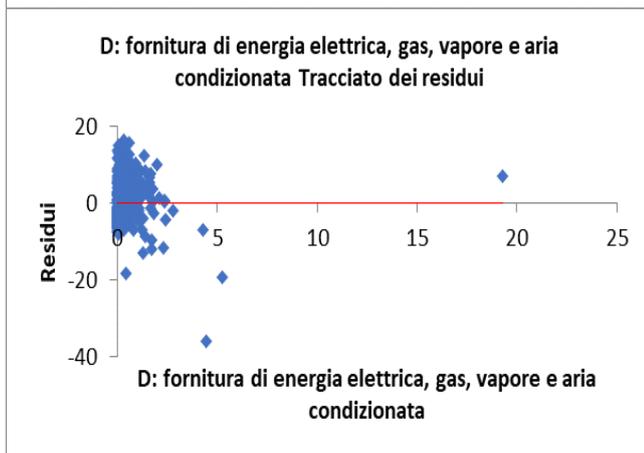
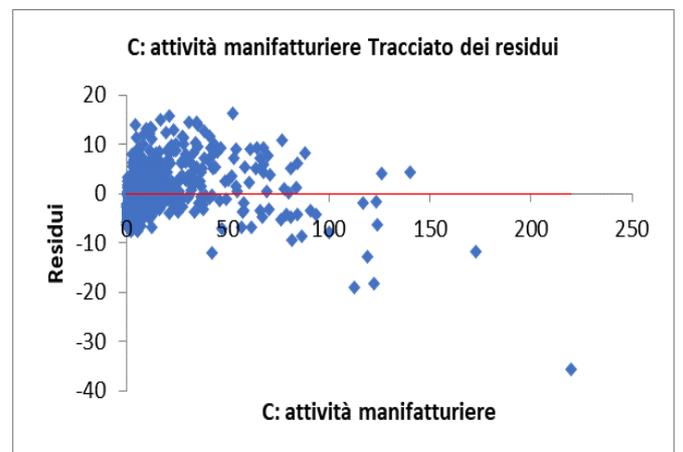
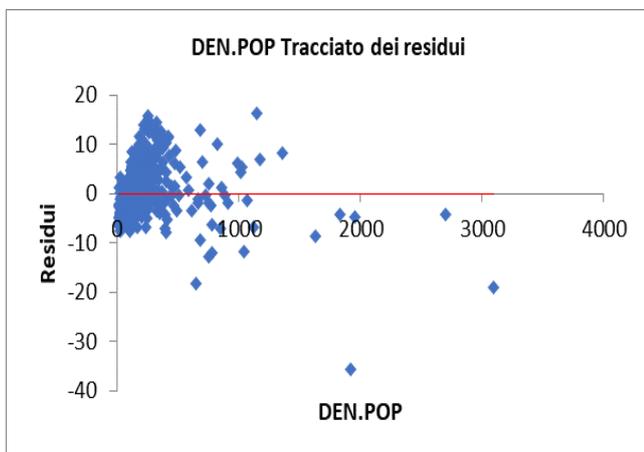


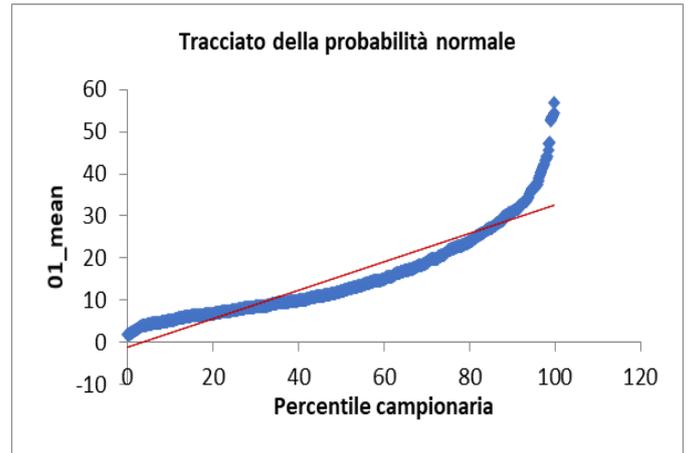
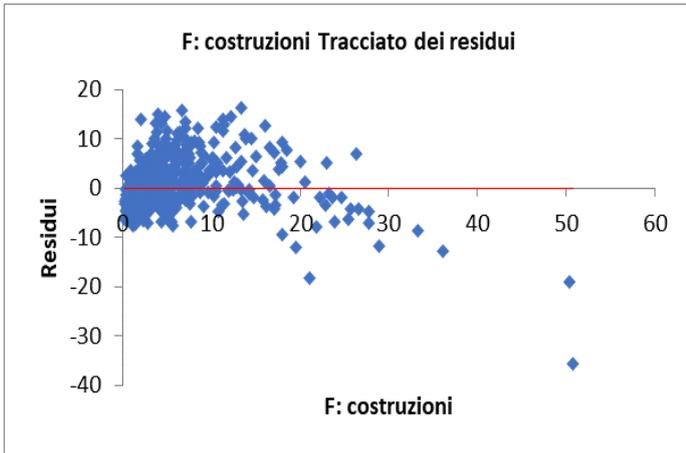
- Modello 5



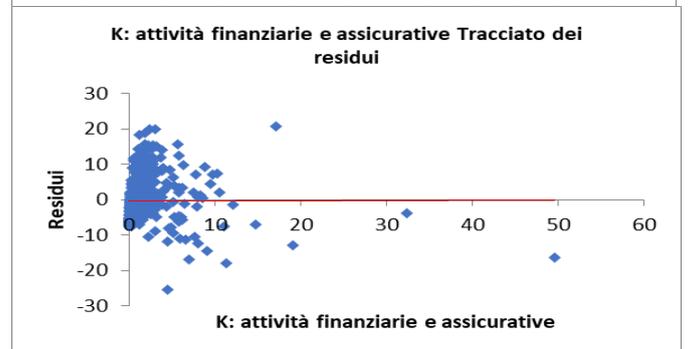
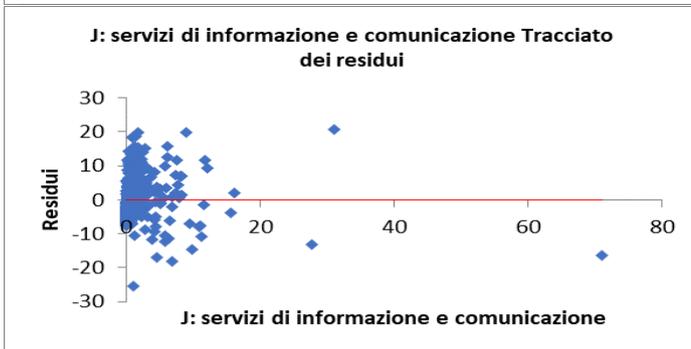
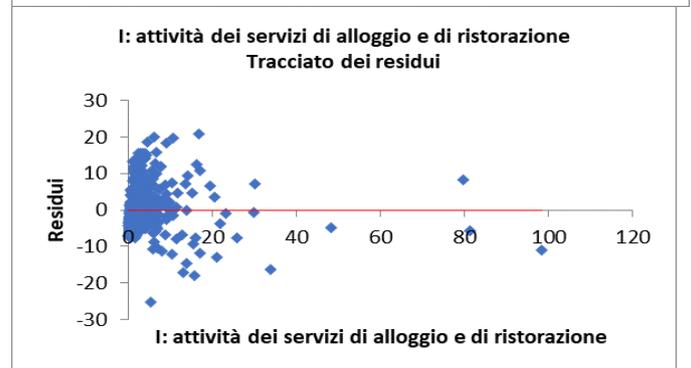
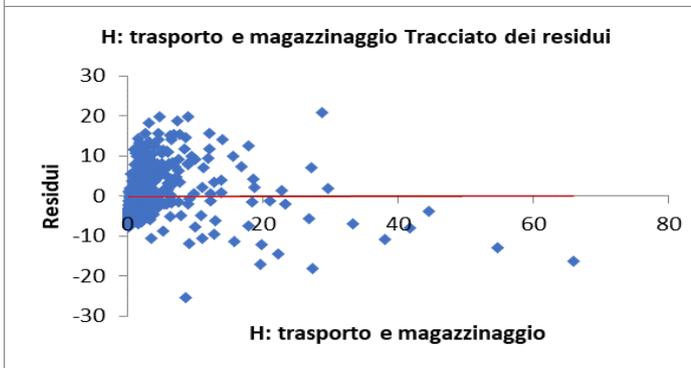
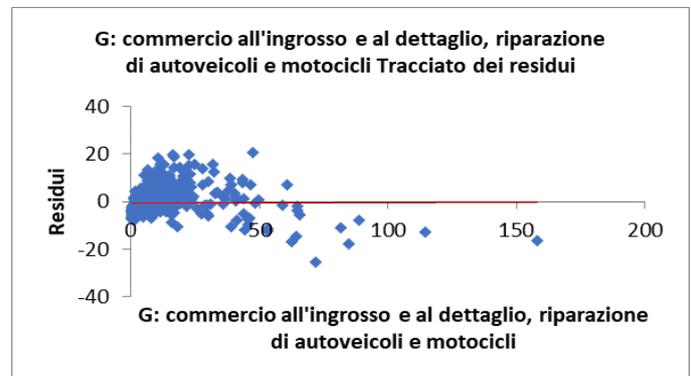
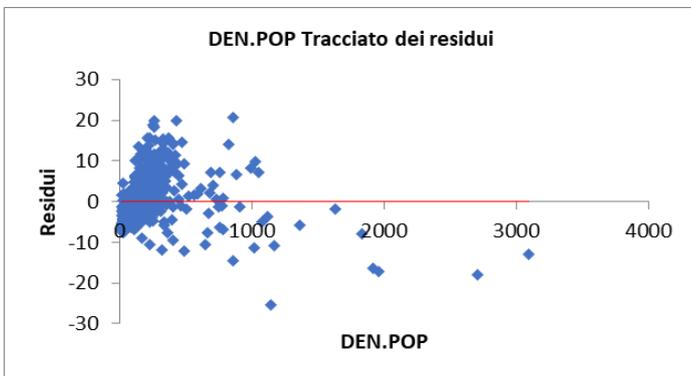


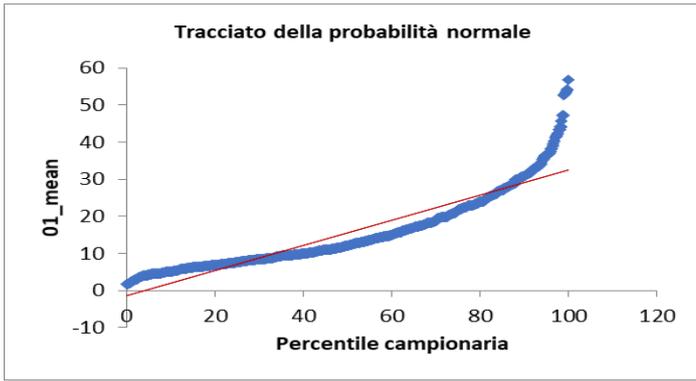
- Modello 6



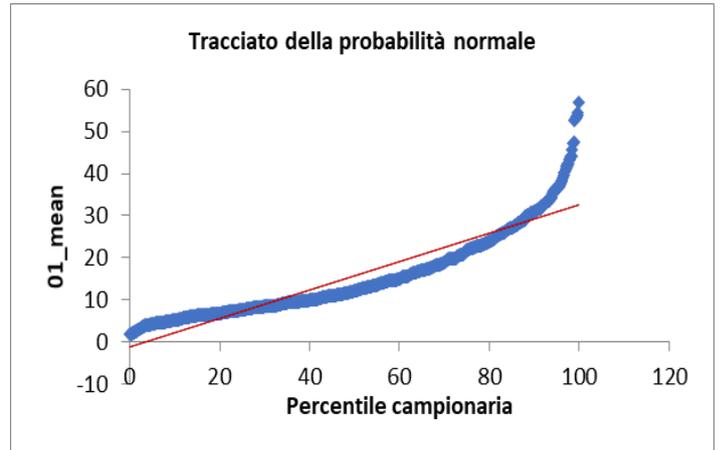
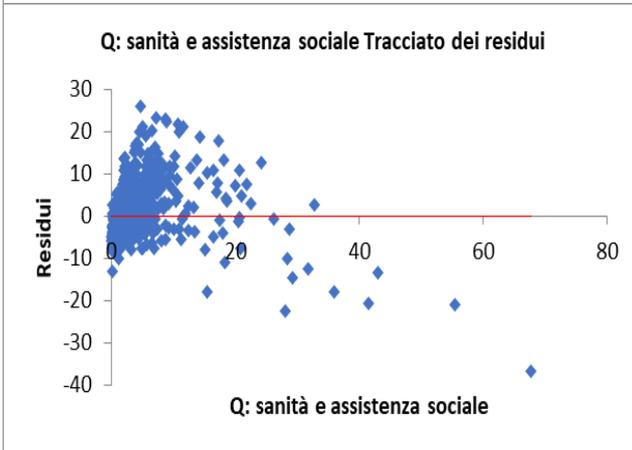
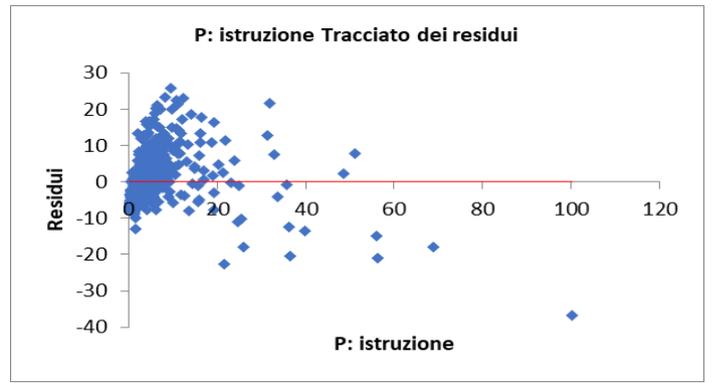
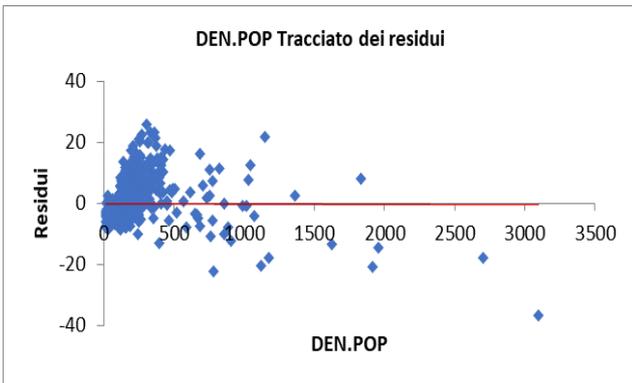


- Modello 7

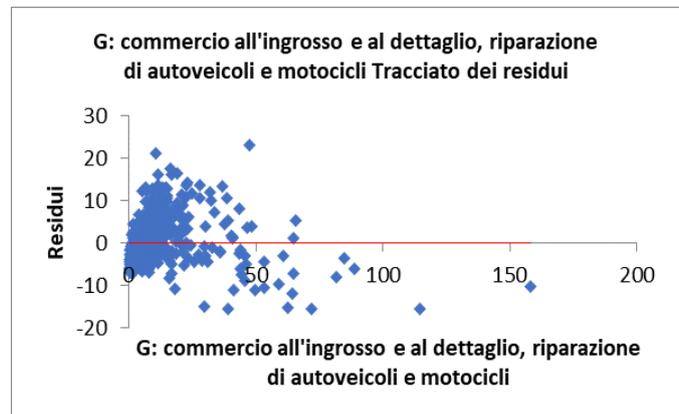
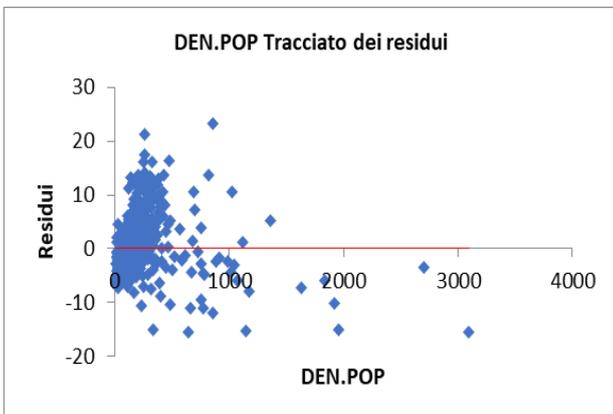


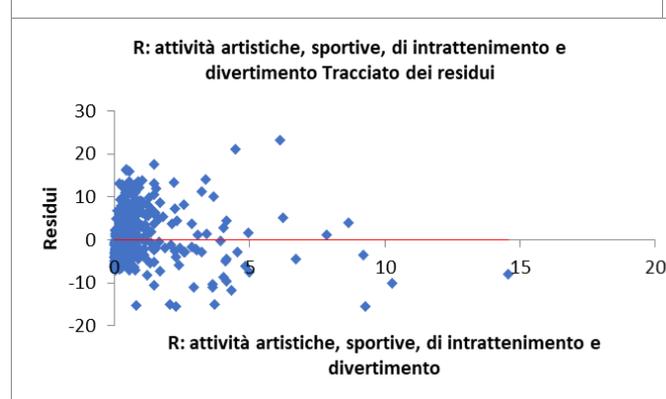
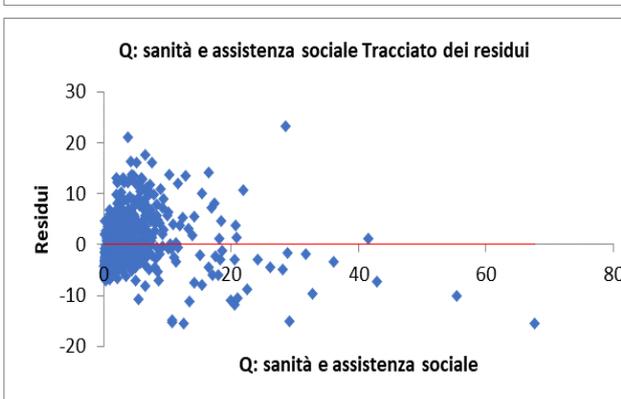
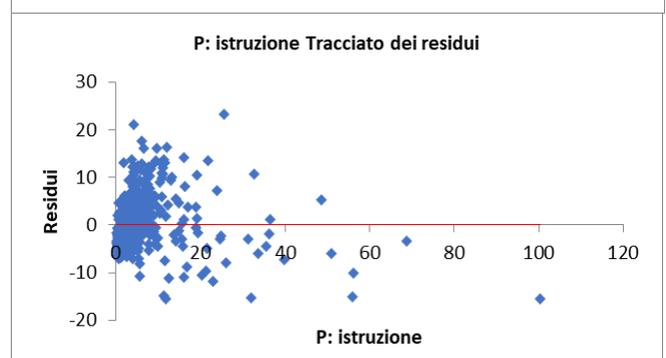
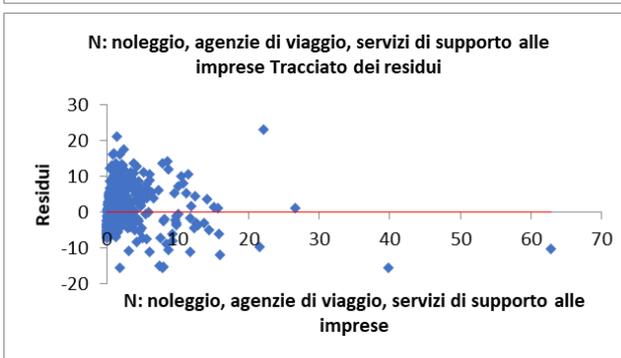
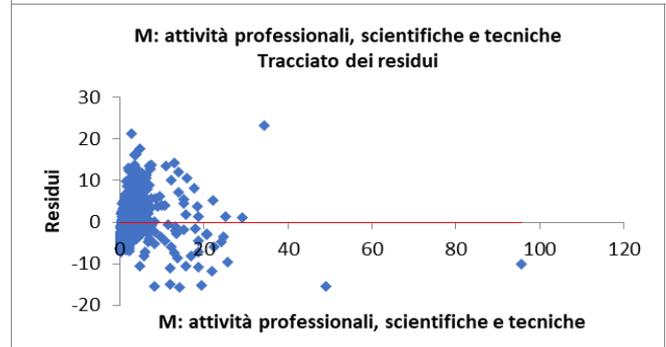
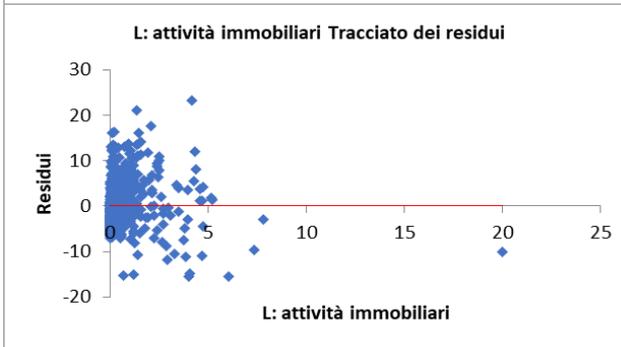
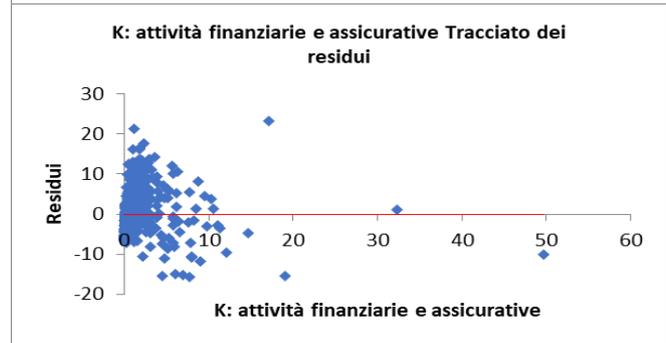
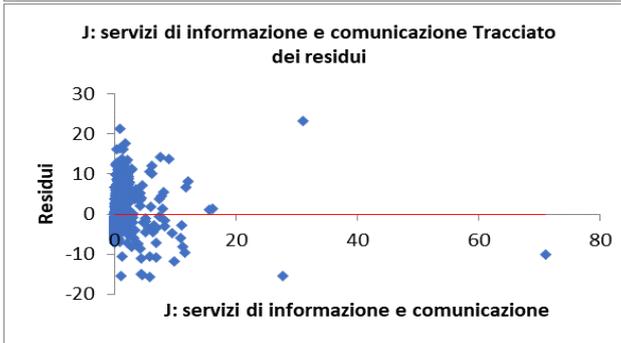
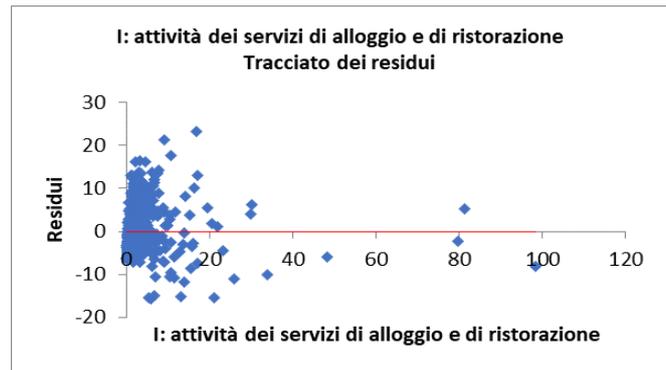
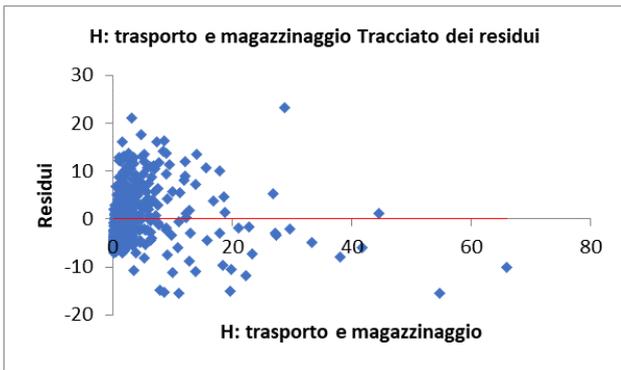


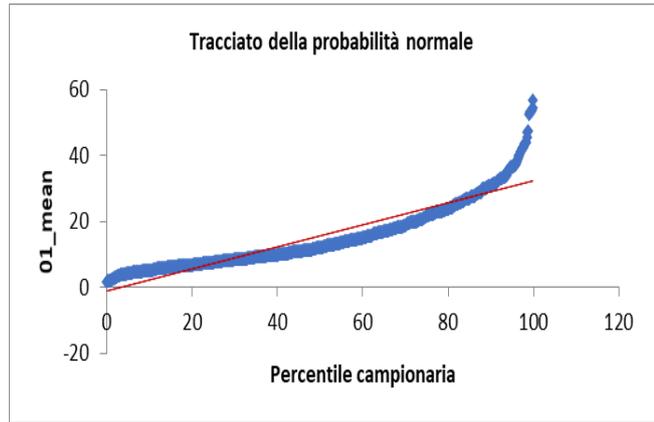
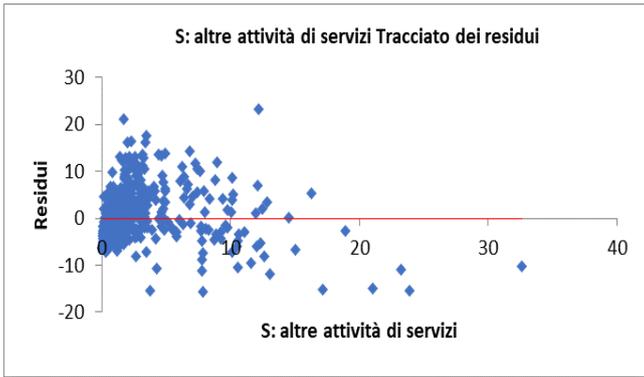
- Modello 8



- Modello 9



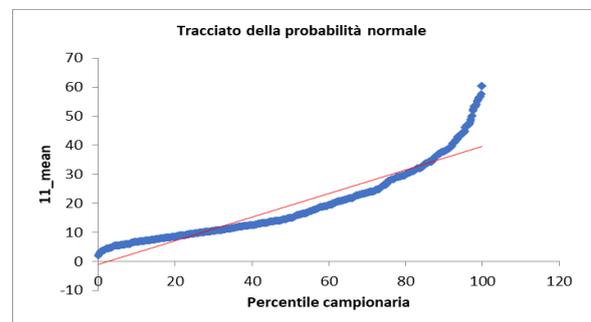
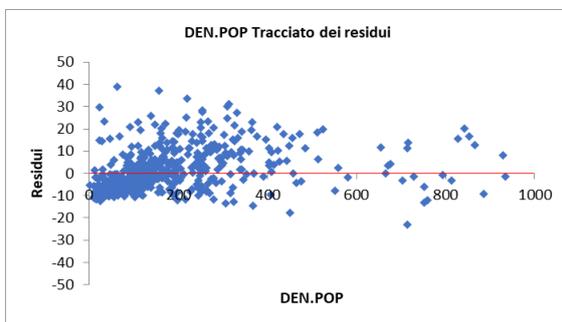




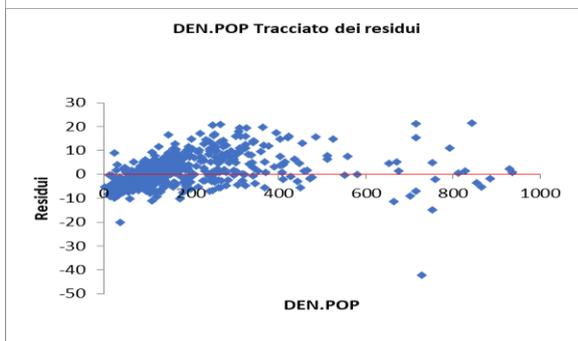
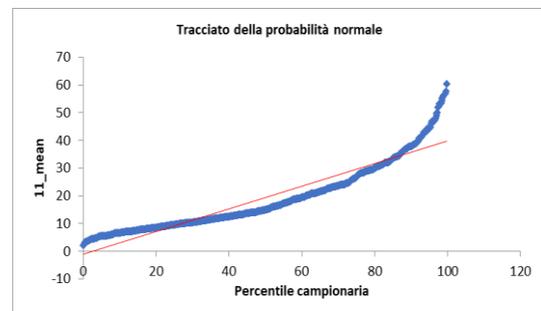
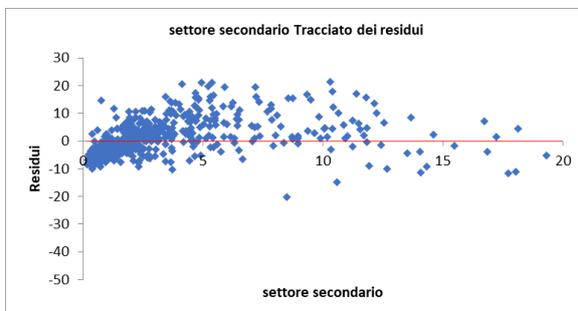
## Appendice M

Nel seguente appendice vengono rappresentate le distribuzioni dei residui relativi ai modelli econometrici del 2011 nel quale viene considerata come proxy dell'attività economica la densità di imprese. In rosso è la linea di tendenza. Come si può notare dalla linea di tendenza la distribuzione dei residui per ogni variabile considerata nel modello ha valore atteso nullo; inoltre, per quel che riguarda il modello nel complesso si nota come i residui della regressione sono distribuiti secondo una distribuzione normale. Considerando anche il test F relativo alla significatività del modello se ne deduce che per la tipologia di modello econometrico adottata, ossia la regressione multipla, non ci sono elementi contrari che permettano di confutare la validità del modello rappresentare il fenomeno considerato.

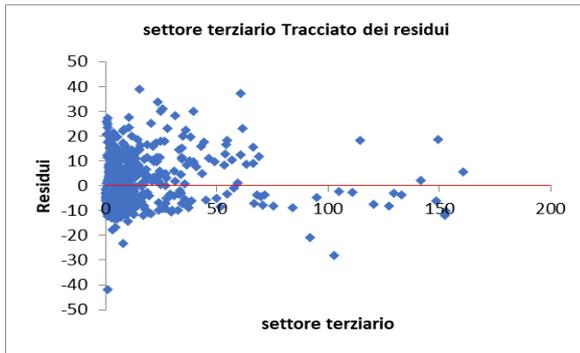
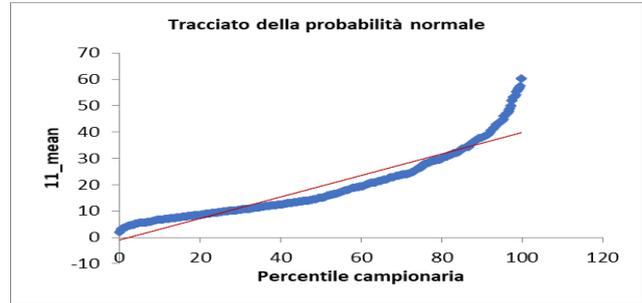
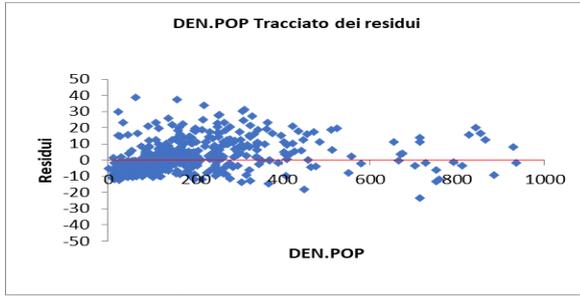
### - Modello 1



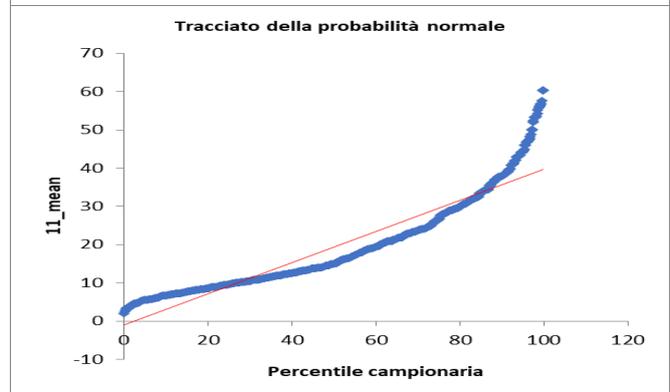
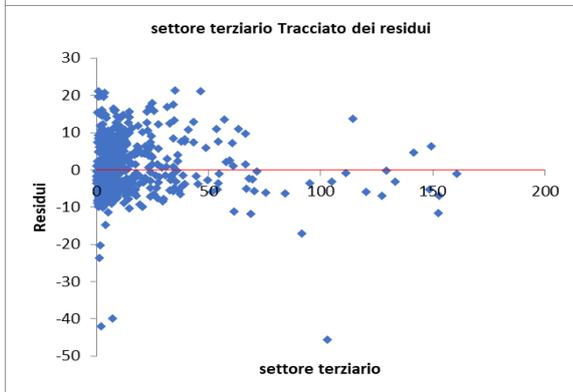
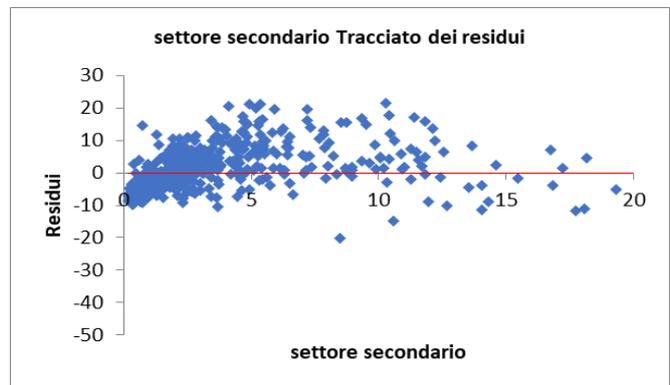
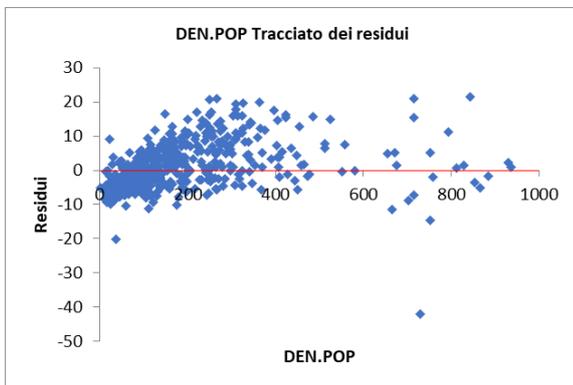
### - Modello 2



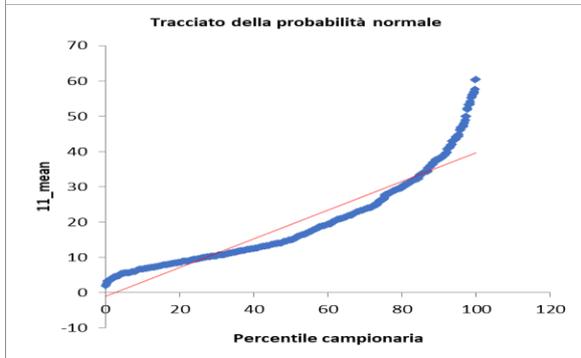
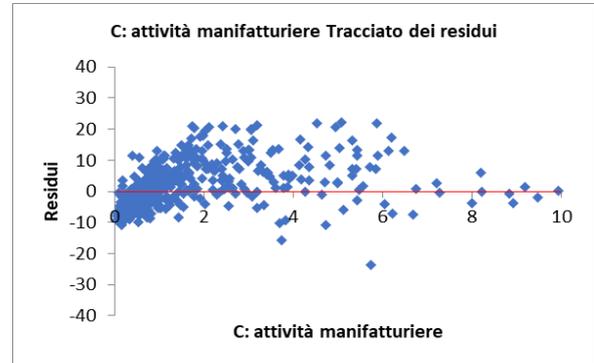
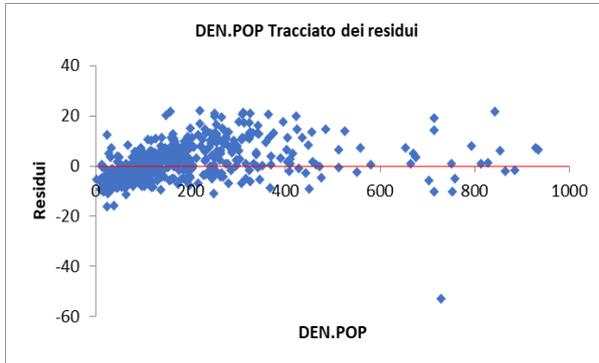
- Modello 3



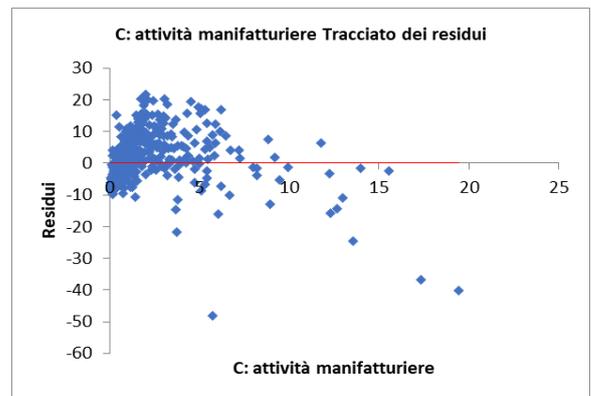
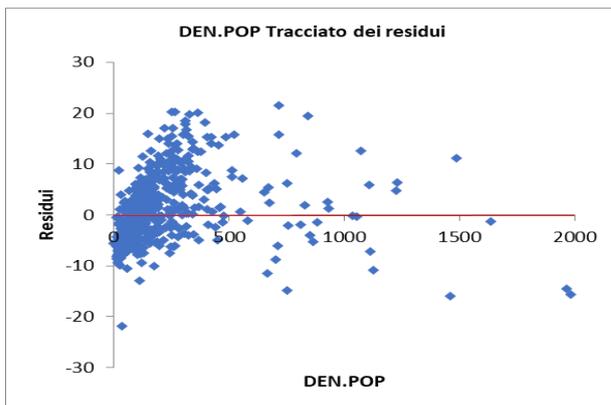
- Modello 4

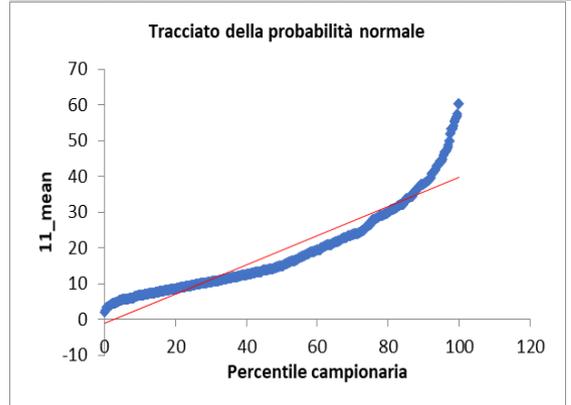
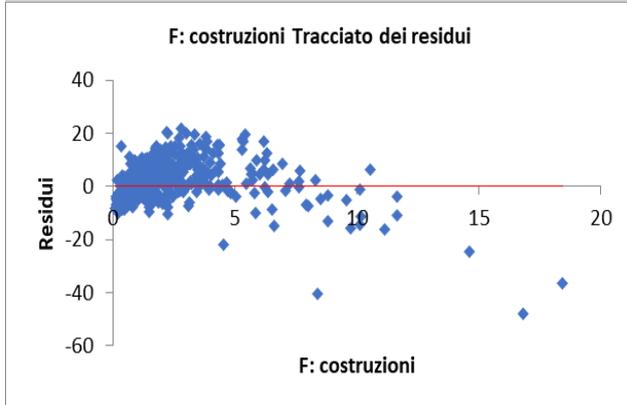
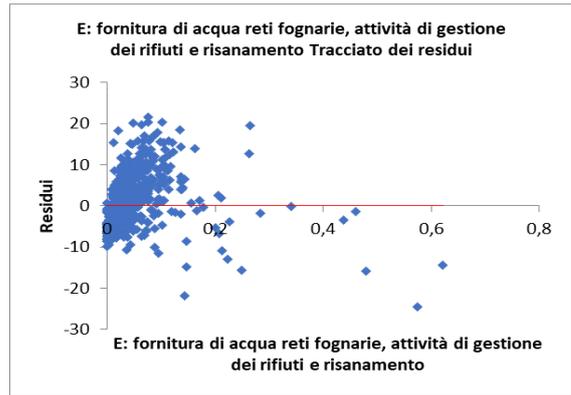
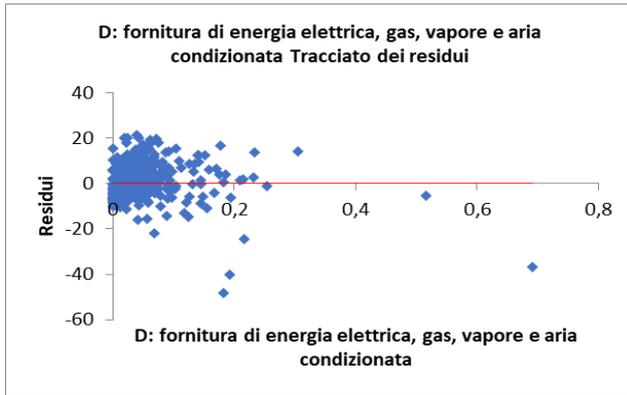


- Modello 5

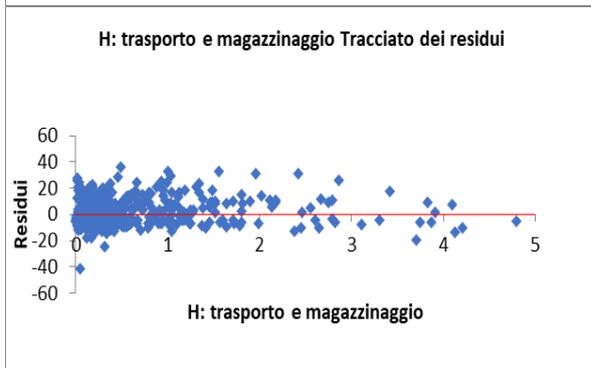
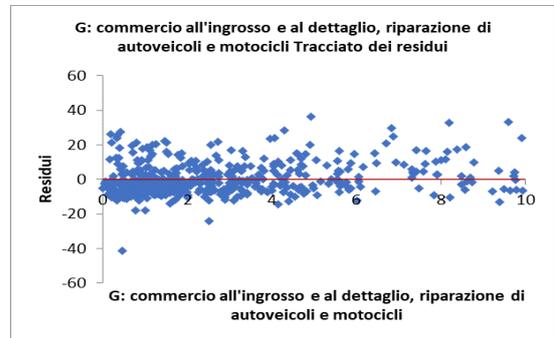
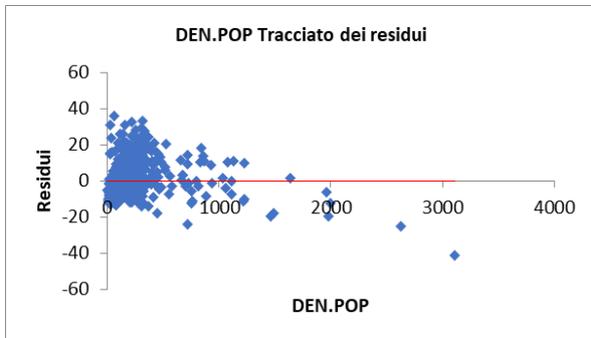


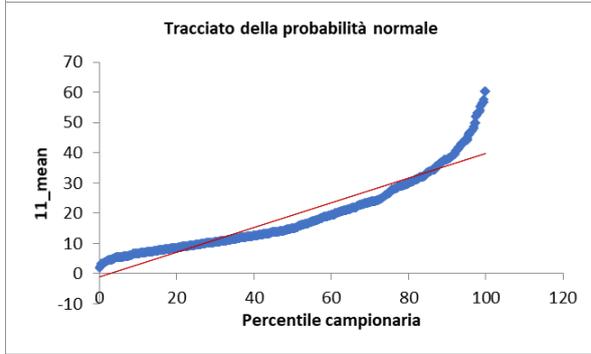
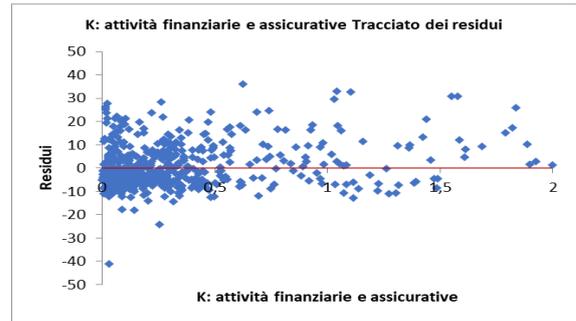
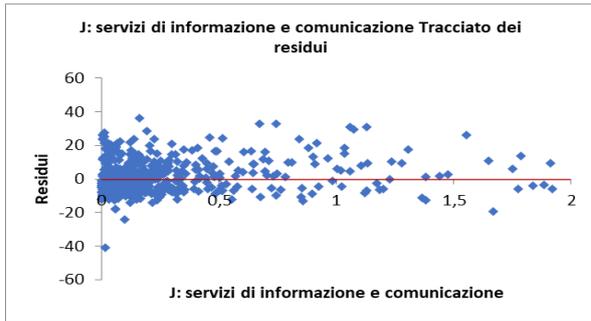
- Modello 6



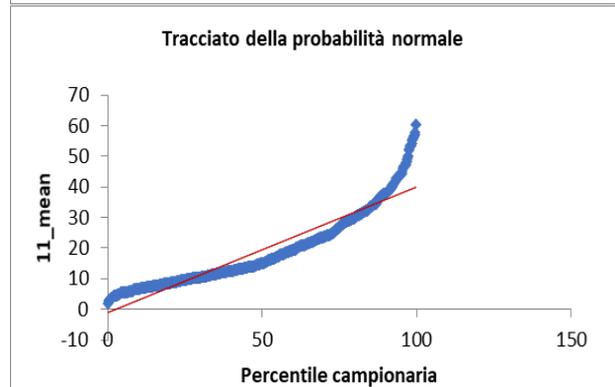
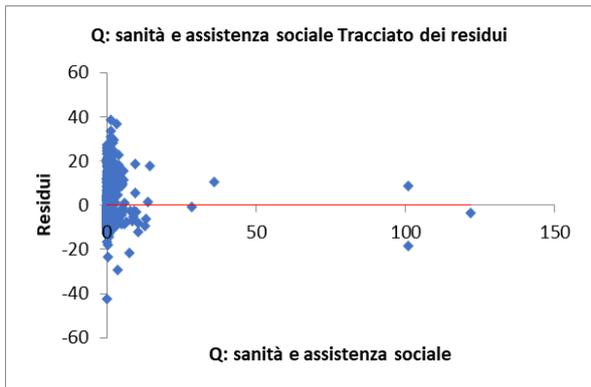
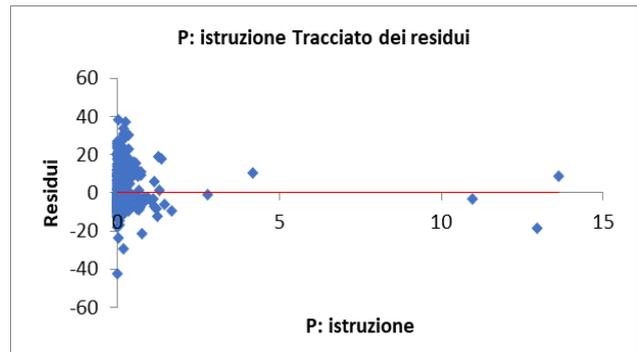
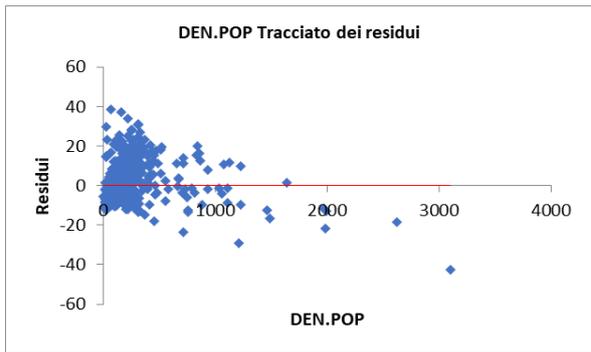


- Modello 7

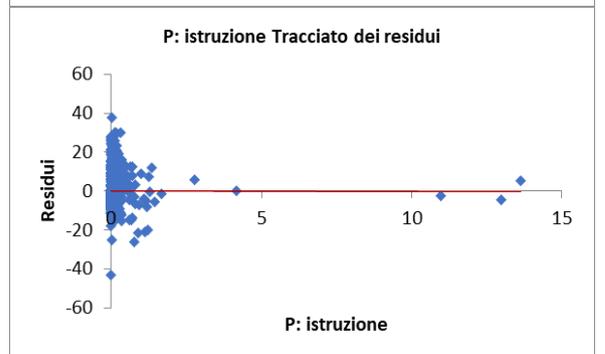
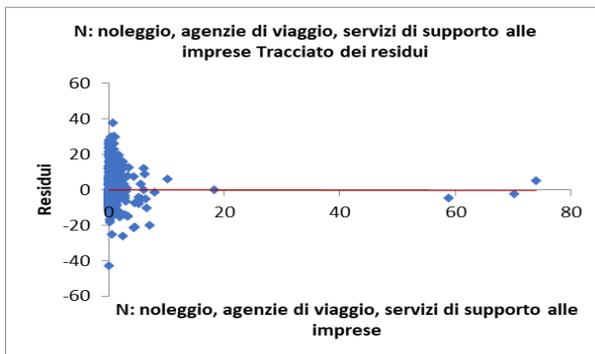
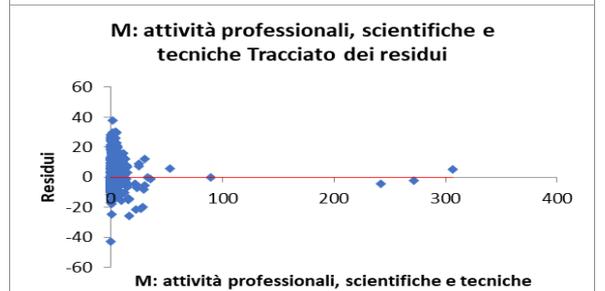
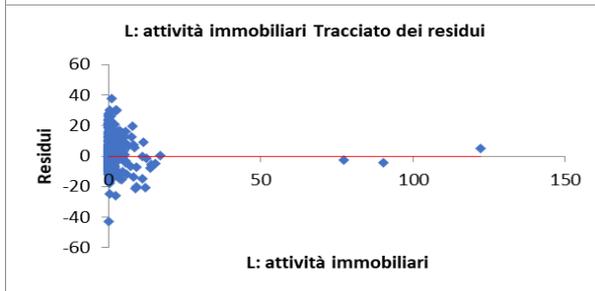
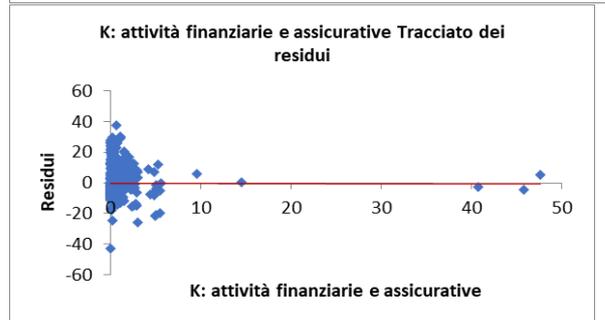
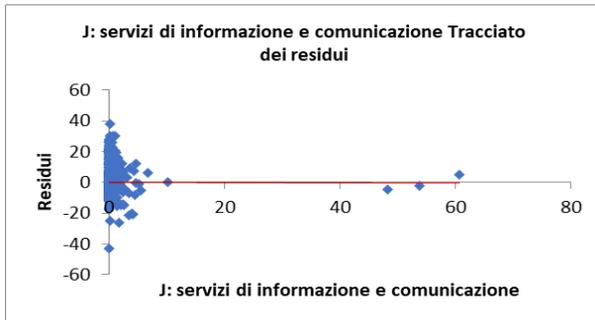
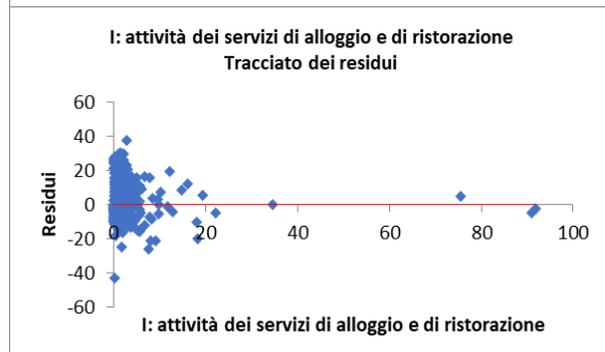
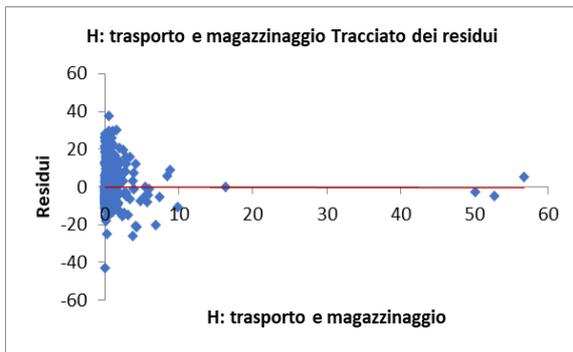
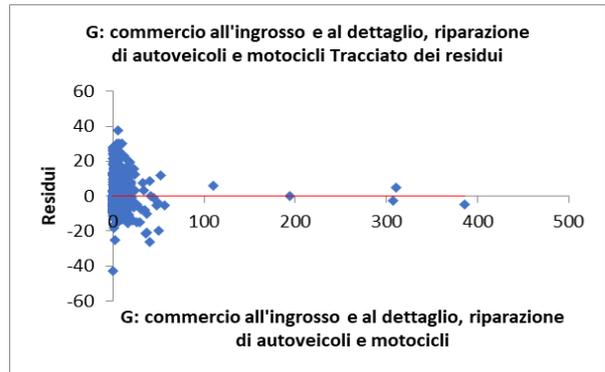
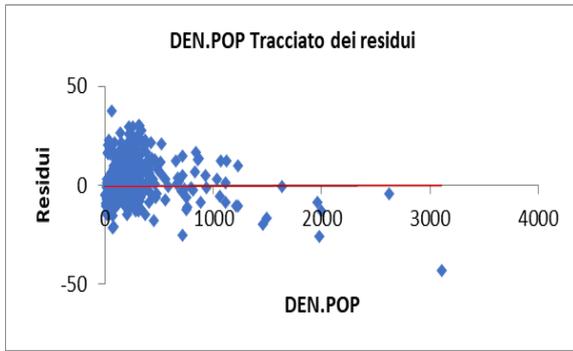


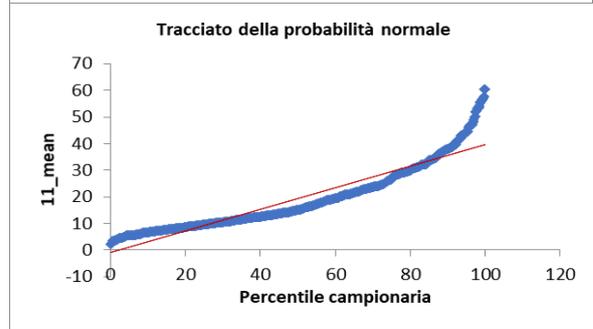
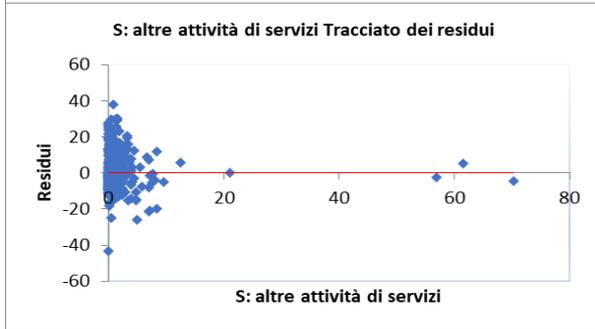
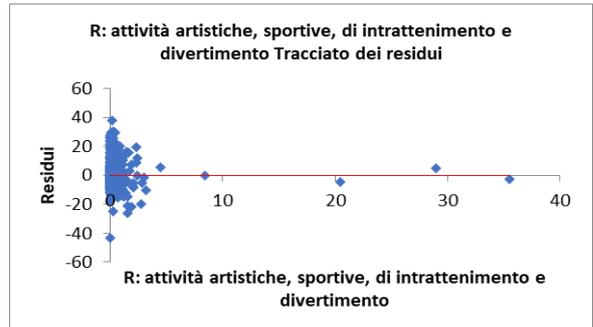
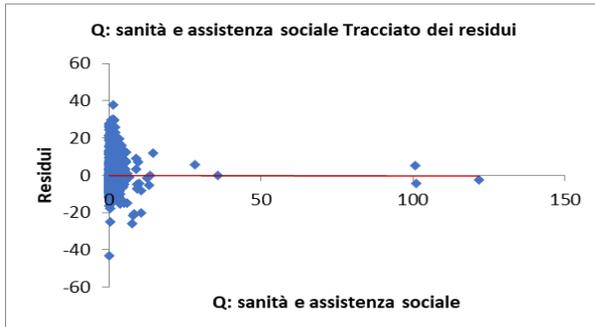


- Modello 8



- Modello 9

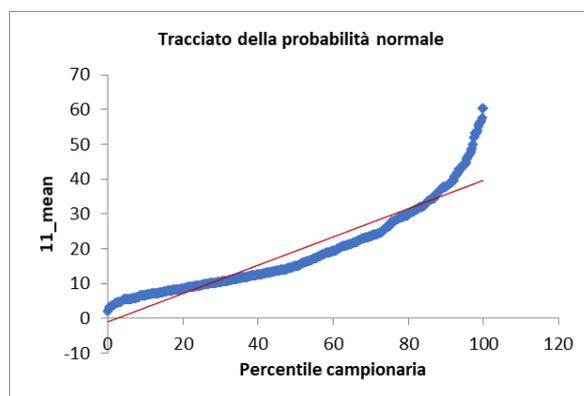
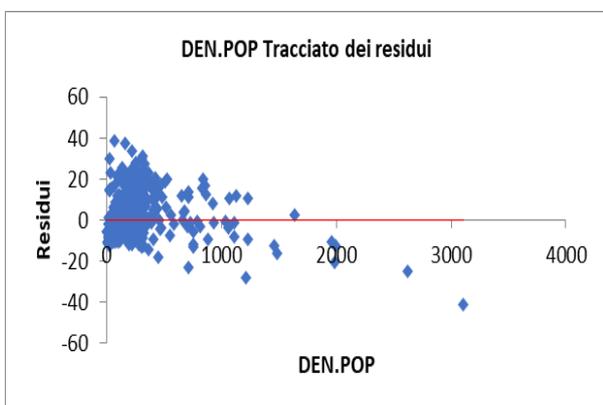




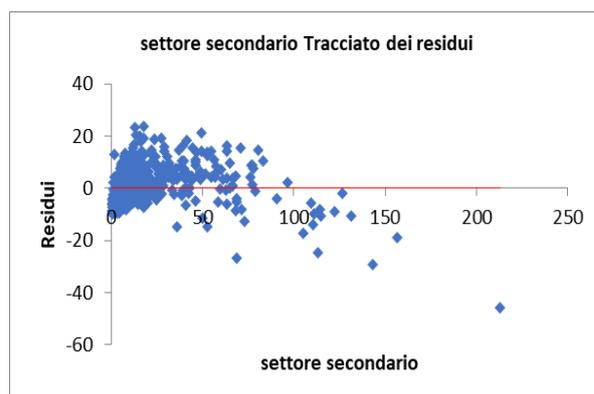
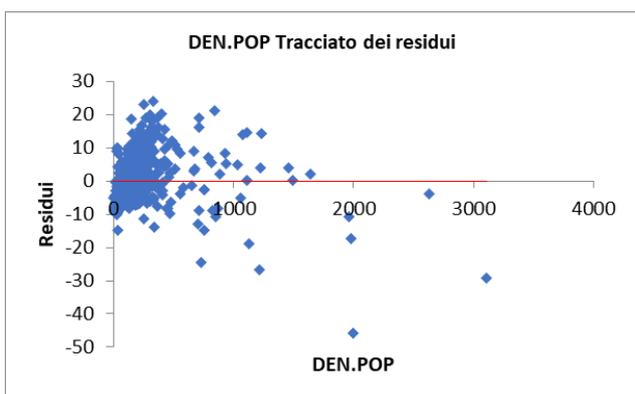
## Appendice N

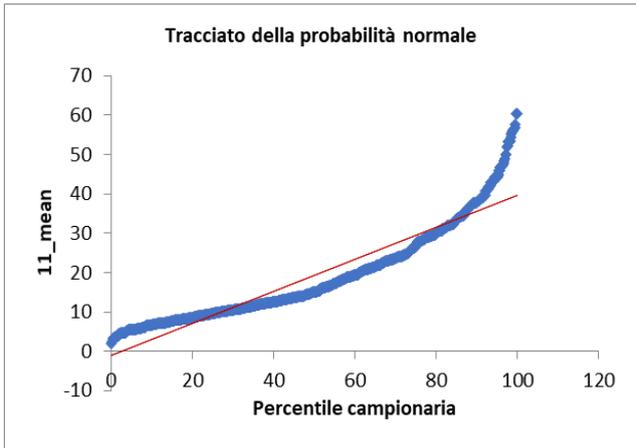
Nel seguente appendice vengono rappresentate le distribuzioni dei residui relativi ai modelli econometrici del 2011 nel quale viene considerata come proxy dell'attività economica la densità di addetti. In rosso è la linea di tendenza. Come si può notare dalla linea di tendenza la distribuzione dei residui per ogni variabile considerata nel modello ha valore atteso nullo; inoltre, per quel che riguarda il modello nel complesso si nota come i residui della regressione sono distribuiti secondo una distribuzione normale. Considerando anche il test F relativo alla significatività del modello se ne deduce che per la tipologia di modello econometrico adottata, ossia la regressione multipla, non ci sono elementi contrari che permettano di confutare la validità del modello rappresentare il fenomeno considerato.

### - Modello 1

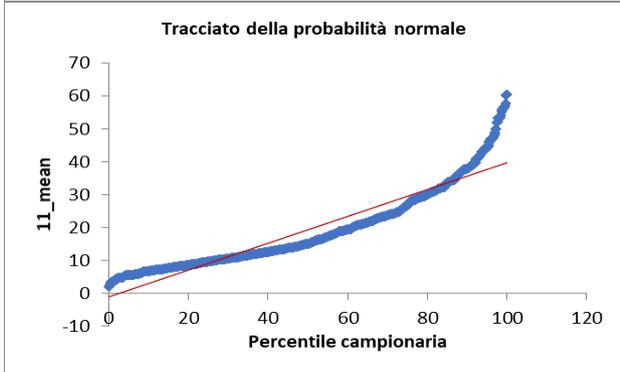
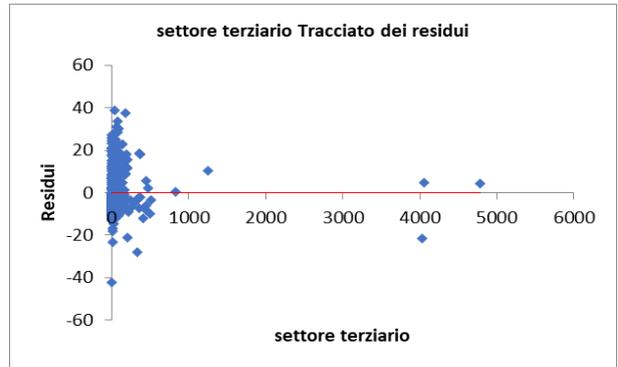
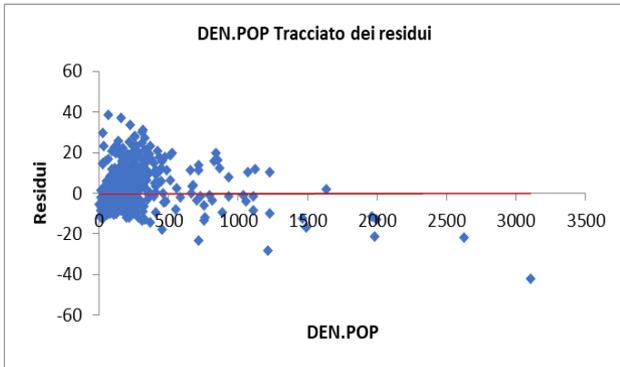


### - Modello 2

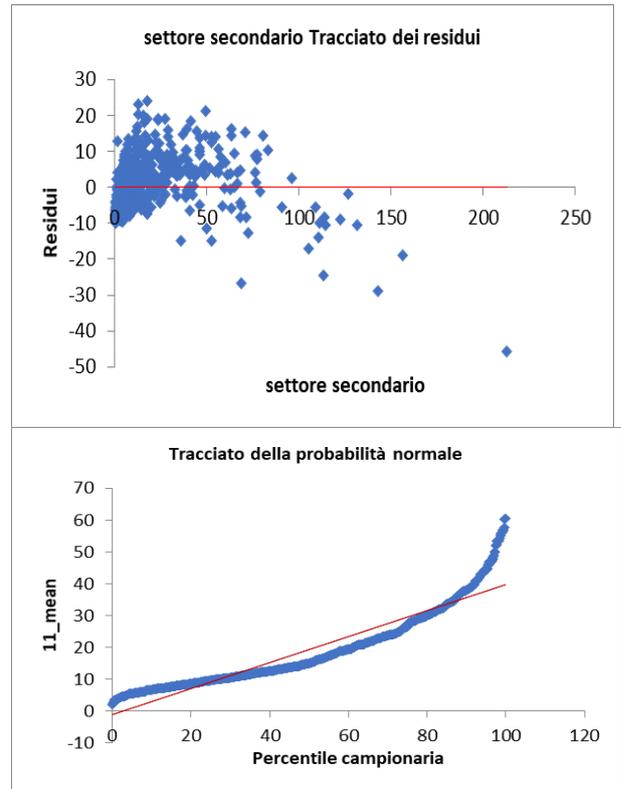
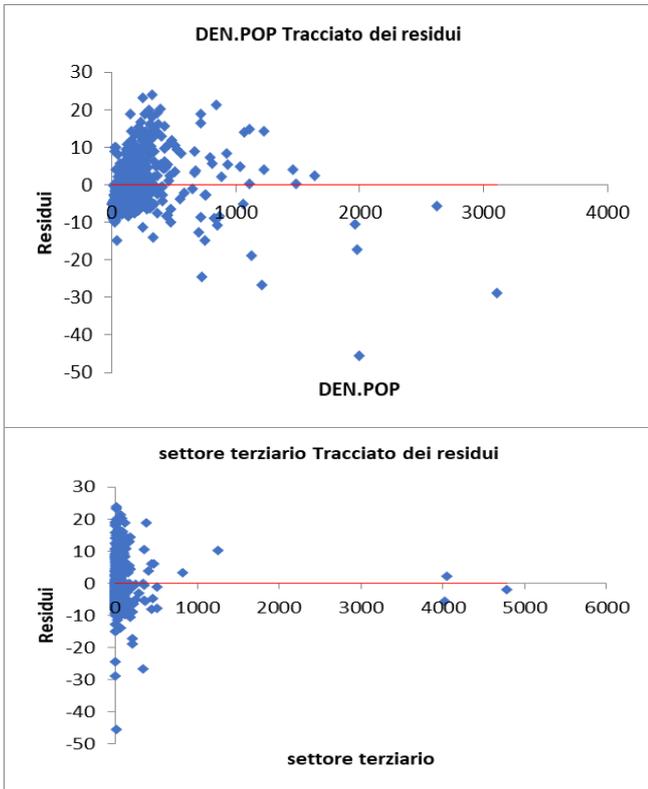




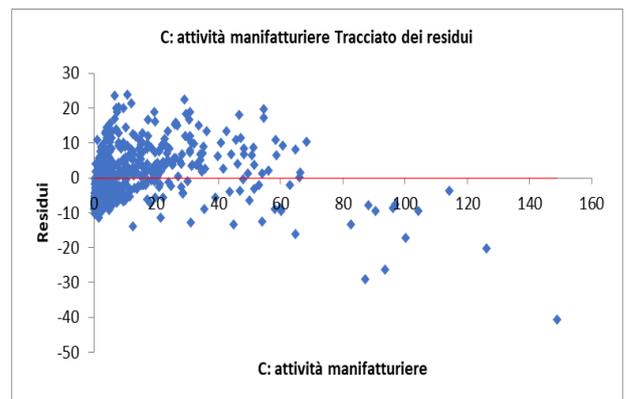
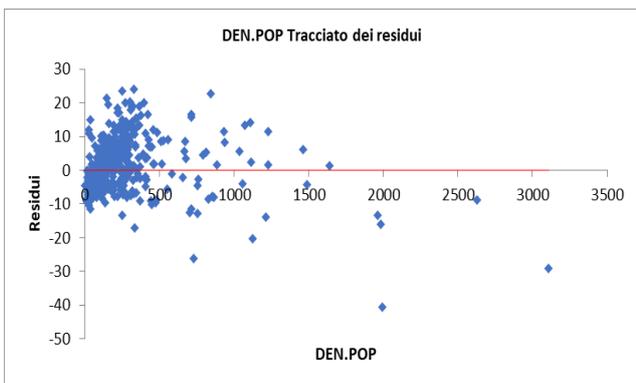
- Modello 3

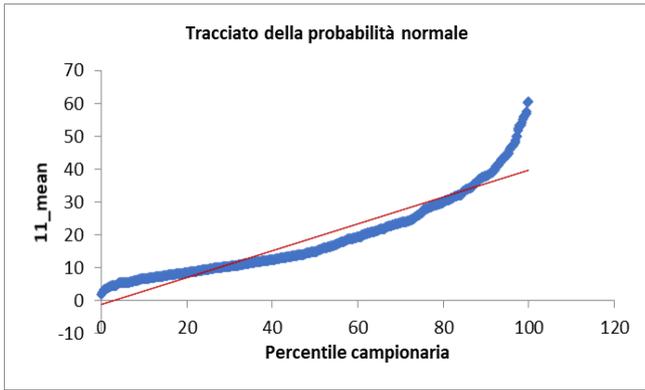


- Modello 4

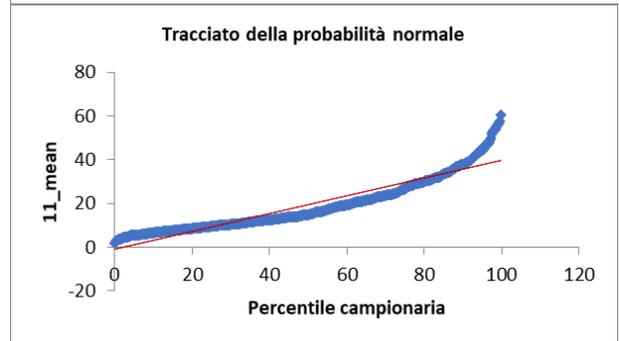
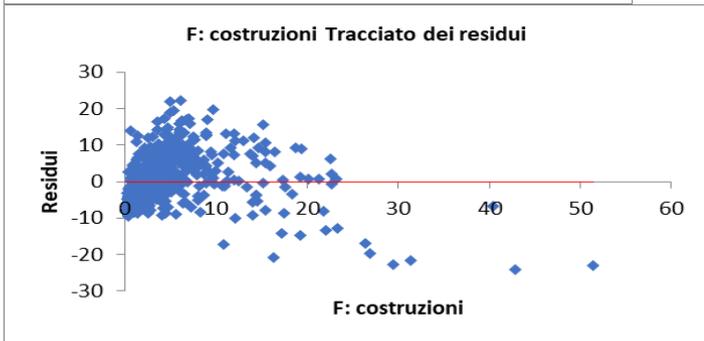
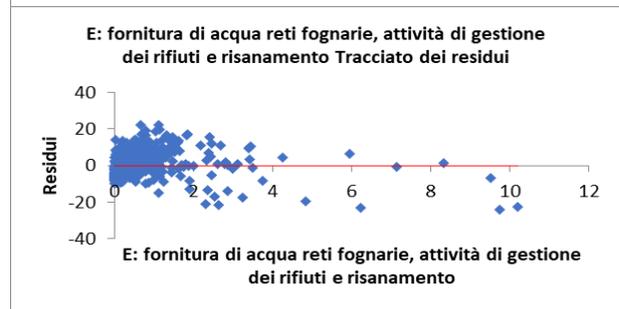
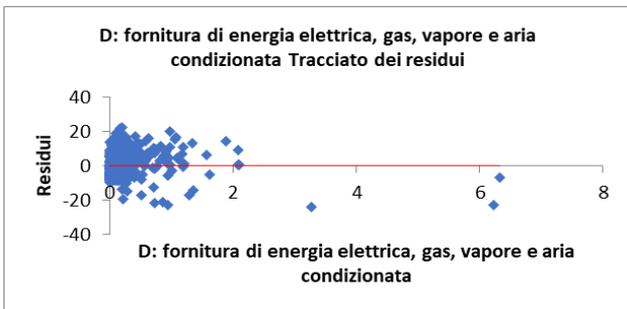
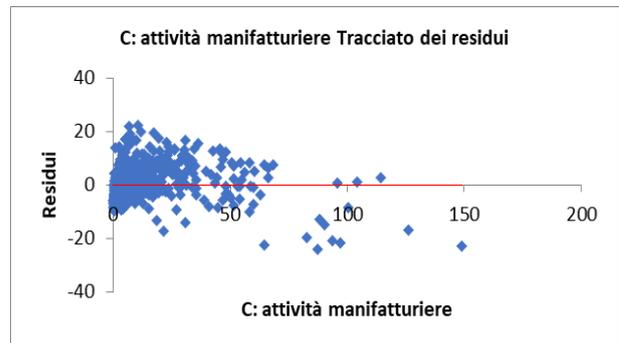
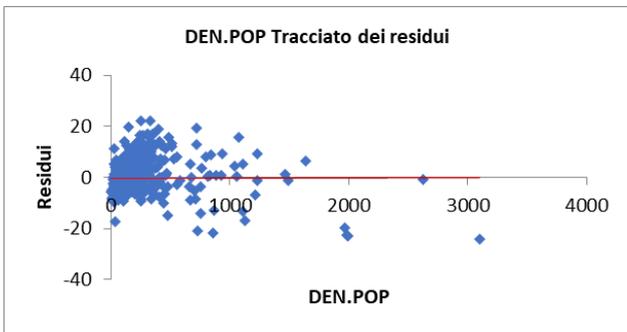


- Modello 5

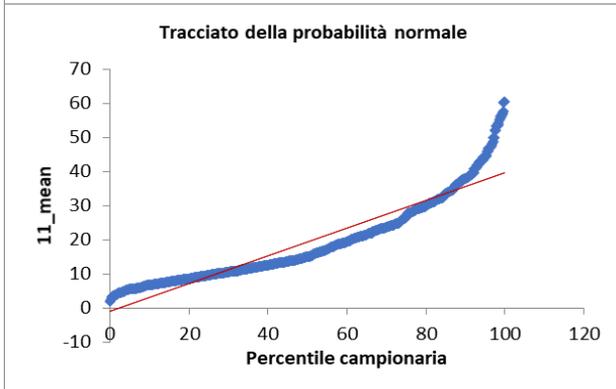
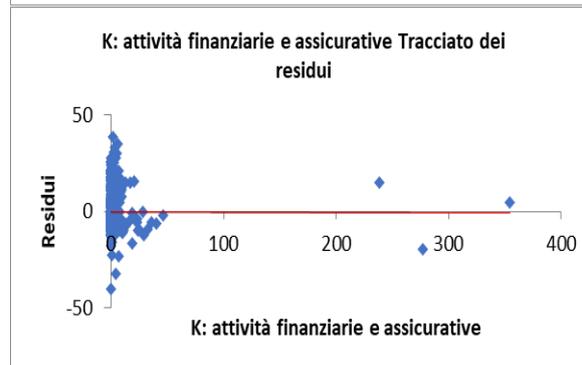
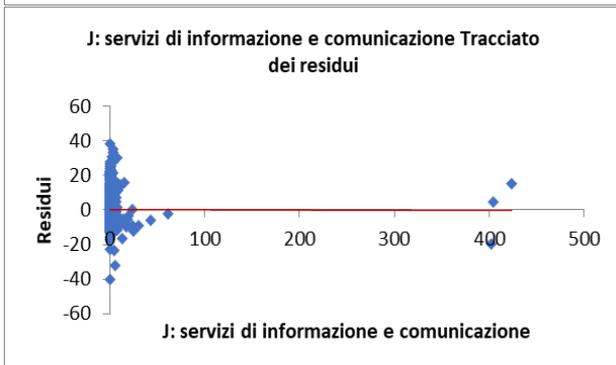
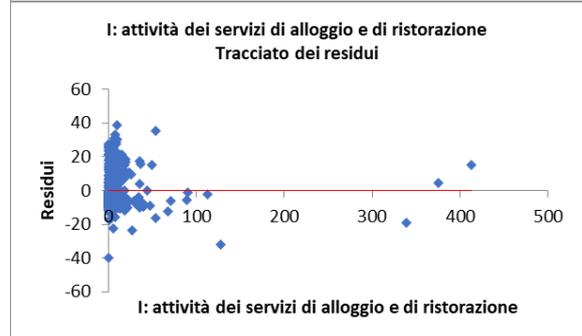
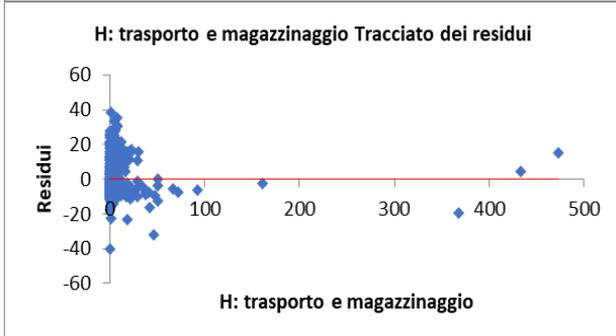
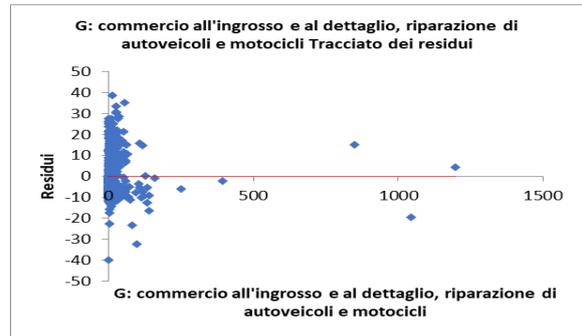
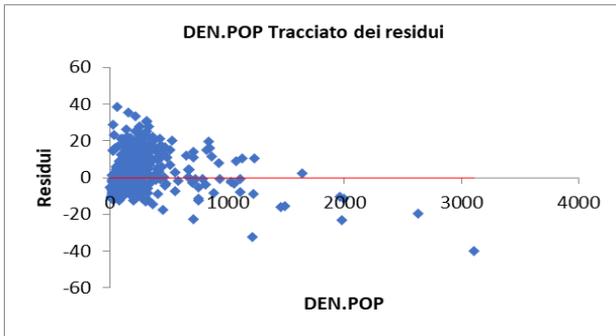




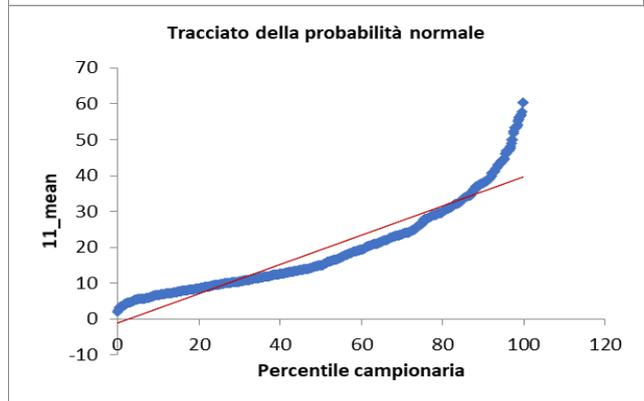
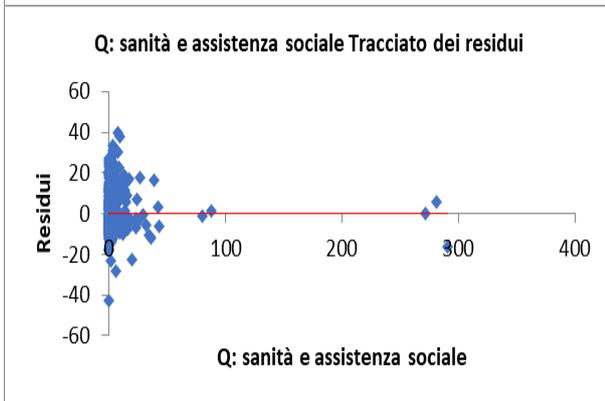
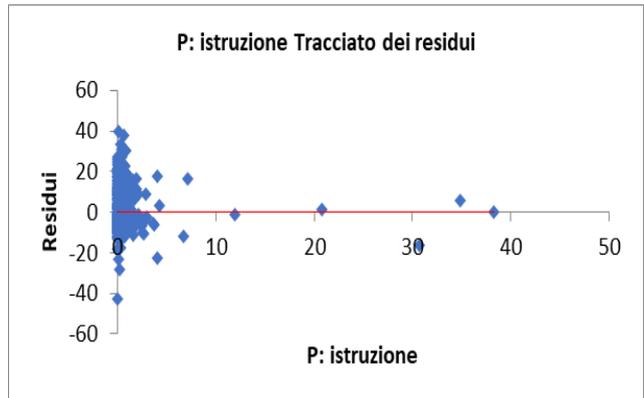
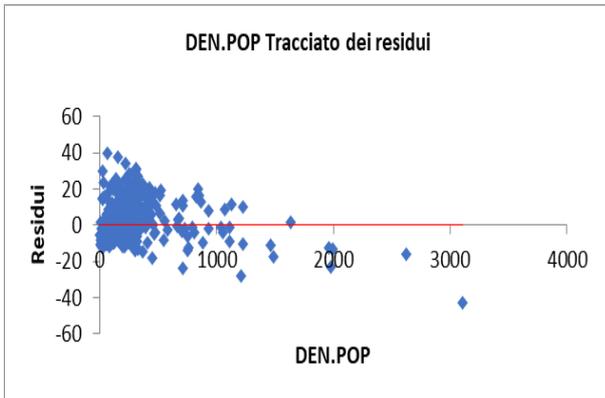
- Modello 6



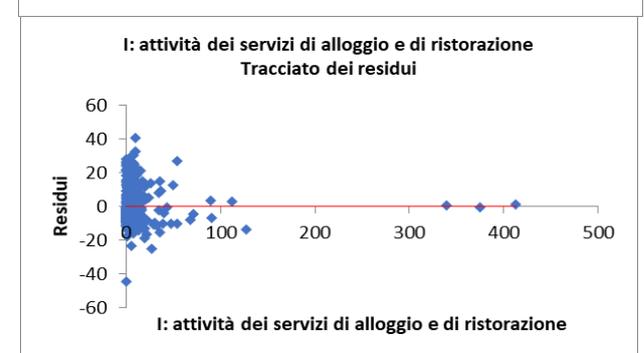
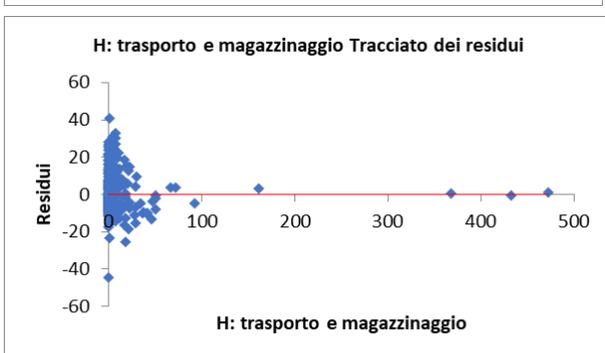
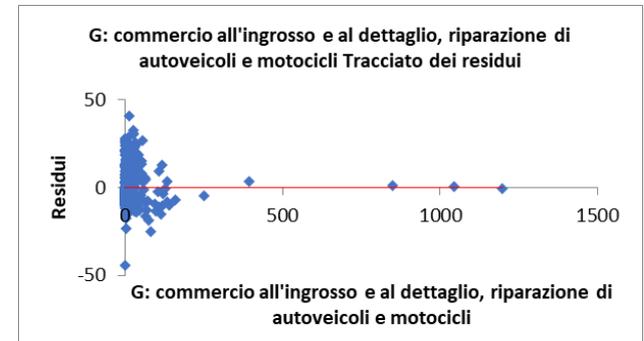
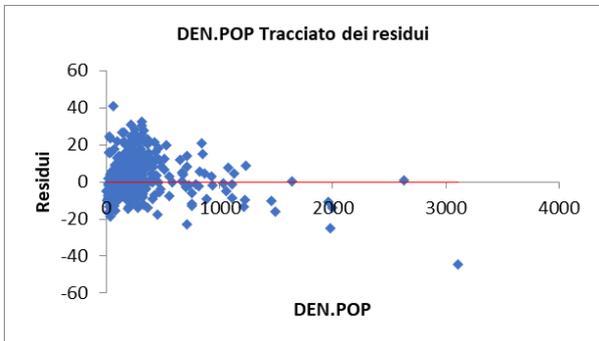
- Modello 7

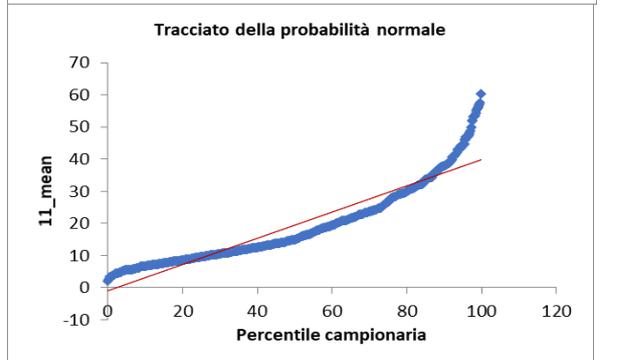
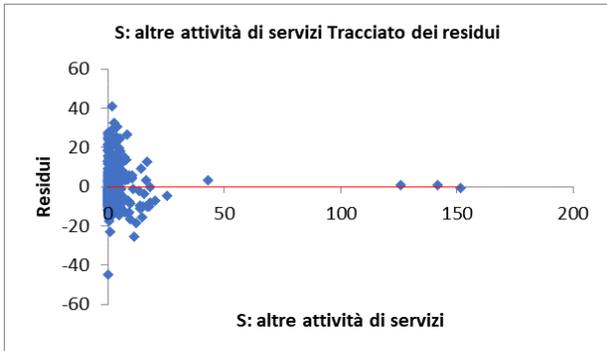
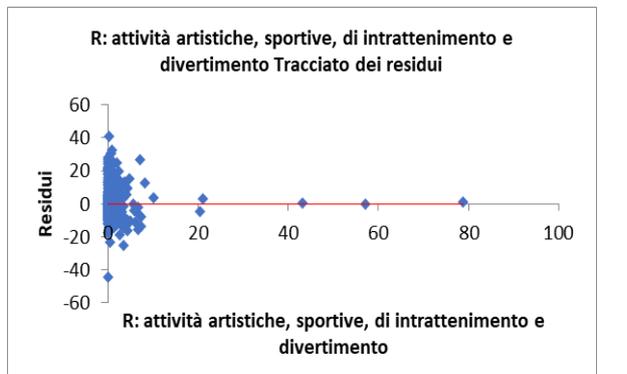
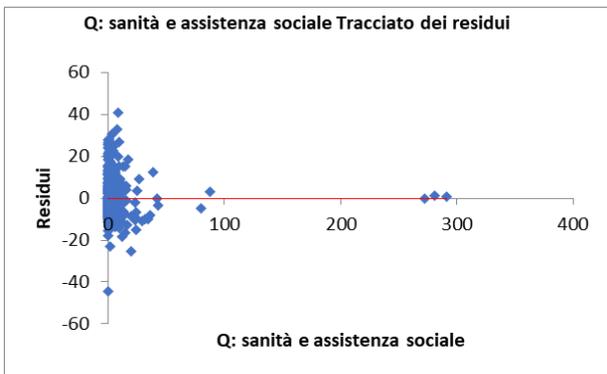
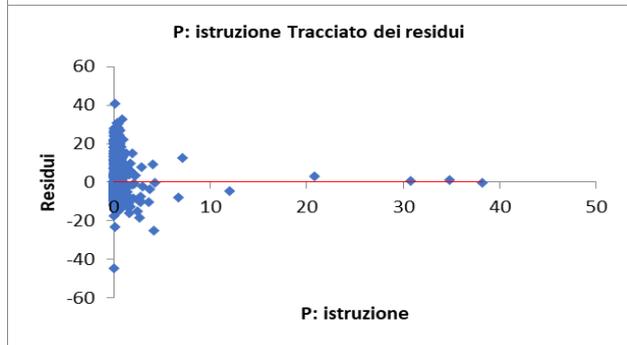
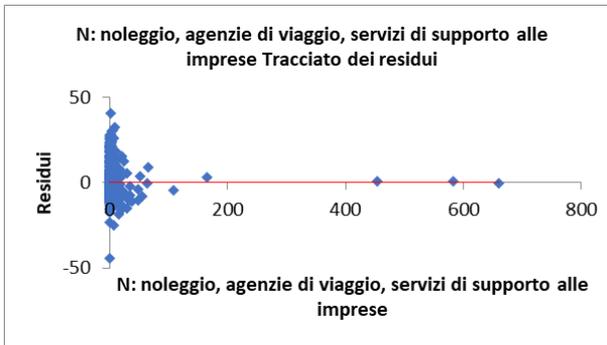
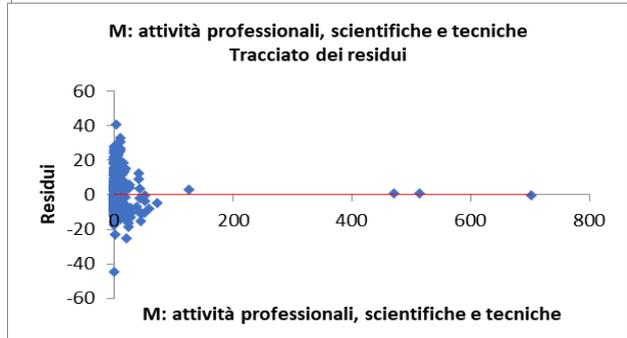
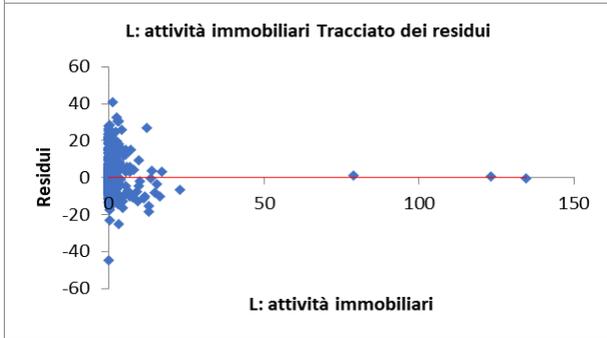
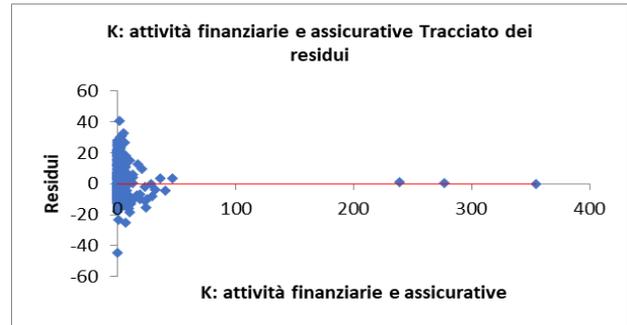
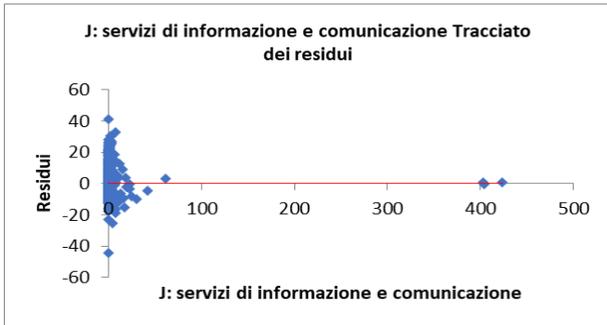


- Modello 8



- Modello 9





## Ringraziamenti

Il primo ringraziamento va al Professor Luigi Buzzacchi ed al Professor Antonio De Marco per la loro immensa disponibilità durante la realizzazione del testo e per avermi supportato nel momento in cui bisognava definire in maniera più chiara possibile l'obiettivo finale del testo.

Un ulteriore ringraziamento va ai miei genitori che, con i loro sacrifici, non mi fanno mancare nulla, mi hanno permesso di studiare al Politecnico di Torino e mi hanno dato la possibilità di vivere in questa splendida città e, tramite questi traguardi spero di renderli sempre più orgogliosi di me. Inoltre, vorrei ringraziare mia sorella per aver sopportato tutto lo stress che le causavo soprattutto per le procedure burocratiche universitarie.

Vorrei ringraziare la mia ragazza Sara, ormai una mia tifosa consolidata (ovviamente è reciproco), per esserci sempre e per non avermi fatto pesare soprattutto in periodo di esame il non aver trascorso molti giorni insieme.

Vorrei ringraziare tutti i miei amici e colleghi dell'università e soprattutto tutte le persone che ho avuto la fortuna di conoscere perché sia nel bene che nel male mi hanno reso quello che sono e mi hanno spinto, mi spingono e mi spingeranno a crescere ed esplorare sempre nuovi orizzonti con entusiasmo e curiosità.

Vorrei ringraziare il Politecnico di Torino per la straordinaria capacità e reattività con il quale riesce ad offrire un ottimo servizio anche in questo periodo pandemico e soprattutto per avermi dato l'opportunità di crescere sia a livello accademico sia come persona.

Ultimo e non per importanza vorrei ringraziare me stesso perché non ho mai smesso di studiare sodo e con passione, per aver compreso l'importanza che ha nella vita la conoscenza e l'importanza che ha l'approfondimento della stessa, per non aver mai mollato soprattutto quando nel primo anno al primo semestre non ho passato neanche un esame ed ho avuto la forza di rimboccarmi le maniche e ripartire più forte di prima.