

# Analisi dell'evoluzione della radianza in Ticino, 1994-2013 (estratto)

**Manuele Comazzi**

Stagista, Studente MSc in geografia UNIL

Sotto la direzione di:

**Marco Steiger**

Collaboratore scientifico, Dipl. Phys. ETH



Novembre 2015

## Sommario

<b>1. Introduzione</b>	<b>4</b>
1.1. <i>Misurazione</i>	4
<b>2. Analisi dell'inquinamento luminoso in Ticino</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Evoluzione 1994-2013</i>	4
2.2. <i>Analisi incrociata radianza e popolazione/impres</i>	7
2.2.1. <i>Dati disponibili</i>	7
2.2.2. <i>Metodologia</i>	8
2.2.3. <i>Popolazione</i>	8
2.2.4. <i>Imprese</i>	11

Immagine di copertina:

[http://caffè.ch/stories/cultura/43666\\_non\\_ci\\_sono\\_pi\\_le\\_stelle\\_di\\_una\\_volta/](http://caffè.ch/stories/cultura/43666_non_ci_sono_pi_le_stelle_di_una_volta/)

## Compendio

In Ticino, a causa dell'inquinamento luminoso, dal 2002 ogni anno vengono persi in media 3 km<sup>2</sup> di superfici totalmente buie.

Le perdite più importanti si registrano nei distretti rurali (Leventina, Blenio, Vallemaggia) dove queste aree sono ancora abbondanti. L'esempio più significativo risulta essere la Leventina che, con una perdita annuale media di 7.3 km<sup>2</sup>, è il distretto che vede ridursi maggiormente le sue superfici buie. A livello comunale, con una regressione di 1.82 km<sup>2</sup> all'anno, Maggia è il comune che perde di più.

Le emissioni luminose nell'ambiente hanno portato negli ultimi vent'anni ad un aumento costante dei valori medi, massimi e minimi di radianza, in modo particolarmente marcato nelle aree urbane del Sottoceneri. Si osserva infatti che, nei comuni di Chiasso, Mendrisio e Lugano il fenomeno dell'inquinamento luminoso mostra l'evoluzione più marcata dell'insieme del Cantone. È proprio in questi comuni che la maggior parte della popolazione che vi abita è localizzata su superfici che presentano le emissioni luminose più elevate del Cantone.

In generale lo studio mostra che dal 2010 una parte di popolazione sempre maggiore risiede in aree con livelli d'irradiazione molto elevati e questo soprattutto nei distretti urbani dove la densità di popolazione è maggiore.

In Svizzera la problematica delle emissioni luminose non è definita o regolamentata da una legge specifica. A livello federale un punto di riferimento è la Legge sulla Protezione dell'Ambiente<sup>1</sup> (LPAmb) e le raccomandazioni per la prevenzione delle emissioni luminose pubblicate dall'Ufficio Federale dell'Ambiente<sup>2</sup> (UFAM, 2005). Inoltre, l'Associazione Svizzera per la luce SLG ha pubblicato direttive per l'illuminazione pubblica stradale e degli impianti sportivi (2005)<sup>3</sup>.

Il Dipartimento del Territorio del Cantone Ticino nel 2007 ha elaborato le linee guida per la prevenzione dell'inquinamento luminoso<sup>4</sup> allo scopo di fornire indicazioni e supporto nell'ambito di una corretta gestione dell'illuminazione locale. Anche se non hanno valore di legge, queste linee guida rappresentano comunque un documento contenente concetti e principi conformi al diritto federale.

Nosostante l'introduzione di queste linee guida, dal 2007 ad oggi, in Ticino non si constata un'attenuazione o una riduzione dell'inquinamento luminoso. Infatti, sull'insieme dei parametri misurati, si osserva una tendenza all'acutizzazione del problema: valori medi, mediani e massimi di radianza sempre più elevati, diminuzione continua delle superfici buie durante la notte ed aumento delle superfici con classi di radianza elevate.

Per quanto concerne le misure intraprese a livello comunale, a Mendrisio, con l'ordinanza municipale del 24 ottobre 2011, il comune intende svolgere un'azione di prevenzione dell'inquinamento luminoso legiferando sulle pratiche d'illuminazione degli spazi pubblici e del costruito sul proprio territorio.

Ciononostante, dai risultati emersi da questo studio, probabilmente a causa del breve lasso di tempo intercorso dall'introduzione delle misure, non si osservano ancora flessioni o rallentamenti del fenomeno sul territorio del Comune di Mendrisio.

---

<sup>1</sup> <https://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19830267/>

<sup>2</sup> <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00847/index.html?lang=it>

<sup>3</sup> <http://www.slg.ch/fr/publications/normes-et-directives>

<sup>4</sup> <http://www4.ti.ch/dt/da/spaas/temi/inquinamento-luminoso/per-saperne-di-piu/documenti/>

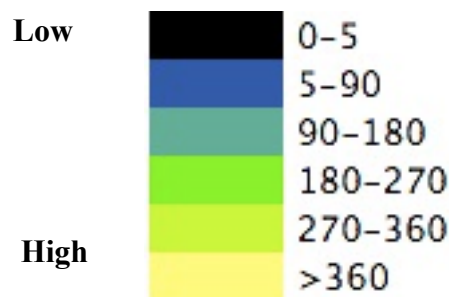
## 1. Introduzione

L'illuminazione artificiale degli ambienti esterni durante la notte é diventata una prassi comune del nostro modo di vivere. Le emissioni luminose che ne derivano designano la luce artificiale emessa dalla terra durante la notte. Nonostante la pratica dell'illuminazione notturna porti dei vantaggi considerevoli alla popolazione, le ripercussioni sul paesaggio, sull'uomo e sulla fauna restano importanti. Queste esternalità, soprattutto negative, variano dalla rarefazione del paesaggio notturno, alla perdita dell'orientamento degli uccelli in volo, sino ad arrivare a disturbare il ritmo biologico dell'uomo.

### 1.1. Misurazione

Le immagini satellitari messe a disposizione dall'Amministrazione Nazionale degli oceani e dell'atmosfera statunitense (NOAA)<sup>5</sup>, mostrano le emissioni luminose in Svizzera dal 1994 al 2013<sup>6</sup>. I pixels rappresentano il valore medio della radianza su tre anni. Questa variabile che si misura in watt su steradiano al metro quadrato ( $W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$ ) rappresenta il flusso energetico globale emesso per un'unità di superficie da una fonte di luce.

Le immagini satellitari sono state proiettate sul sistema di coordinate svizzere (CH 1903) e convertite ad una taglia del pixel di  $1km^2$ . Le carte dell'inquinamento luminoso a livello nazionale sono pubblicate nel quadro dalla "Rete di osservazione del paesaggio svizzero" (LABES)<sup>7</sup> la quale ha utilizzato la seguente classificazione della radianza a sei classi, dove una radianza compresa tra il valore  $0-5 W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$  definisce una superficie buia.



## 2. Analisi dell'inquinamento luminoso in Ticino

### 2.1. Evoluzione 1994-2013

I dati al  $km^2$  per il canton Ticino sono stati estratti con l'ausilio del programma informatico QGIS attraverso un'operazione di *clip* a partire dalle immagini satellitari raffiguranti l'intera Svizzera come nel rapporto LABES.

In linea con il trend nazionale anche nel canton Ticino si assiste ad una diminuzione costante delle superfici buie [F. 1]. Nel 1994 quest'ultime rappresentavano il 54% della superficie totale cantonale, mentre l'ultimo dato disponibile mostra che le superfici totalmente buie durante la notte

<sup>55</sup> Image and data processing by NOAA's National Geophysical Data Center. DMSP data collected by US Air Force Weather Agency / [www.ngdc.noaa.gov](http://www.ngdc.noaa.gov)

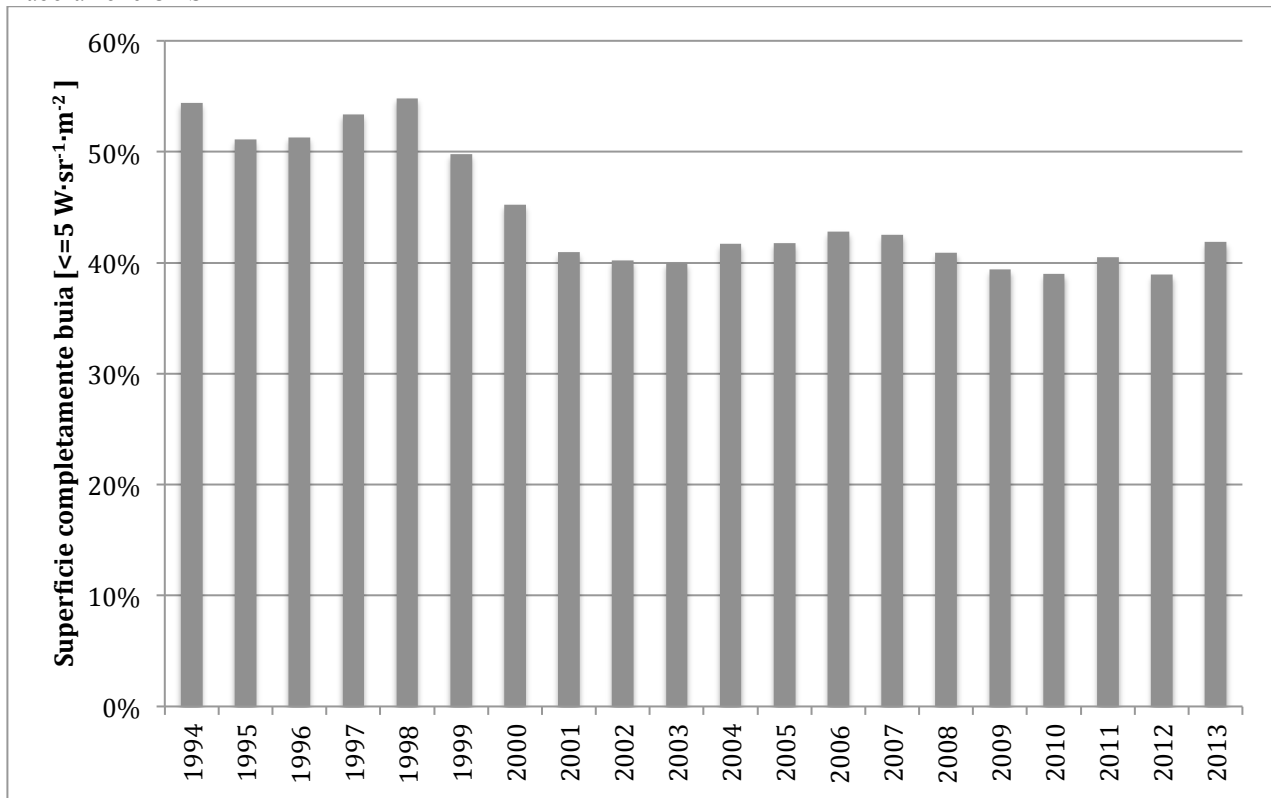
<sup>6</sup> I dati del 2013 pur essendo i più recenti risultano essere poco rappresentativi poiché, in molti aspetti in controtendenza rispetto al trend generale degli anni precedenti. Per questo motivo nelle tabelle riassuntive dei capitoli 3, 4, 5 questo dato è integrato con la misura del 2012 considerato come l'ultima ad essere attendibile.

<sup>7</sup> [http://www.wsl.ch/fe/landschaftsdynamik/projekte/landschaftsbeobachtung\\_schweiz/index\\_DE](http://www.wsl.ch/fe/landschaftsdynamik/projekte/landschaftsbeobachtung_schweiz/index_DE)

si sono ridotte al 42% del totale ad un ritmo di  $-22 \text{ km}^2$  ogni anno sull'arco del periodo 1994-2013. Ciononostante si osserva che, dopo la vertiginosa diminuzione tra il 1994 ed il 2001 ad un tasso medio di  $-42 \text{ km}^2 / \text{anno}$  di superfici buie durante la notte, a partire dal 2002 questa diminuzione ha subito un rallentamento. Infatti il tasso medio nel periodo 2002-2013 risulta essere sceso a  $-3 \text{ km}^2 / \text{anno}$ .

#### F. 1 Evoluzione delle superfici completamente buie, Ticino 1994-2013

Elaborazione OASI

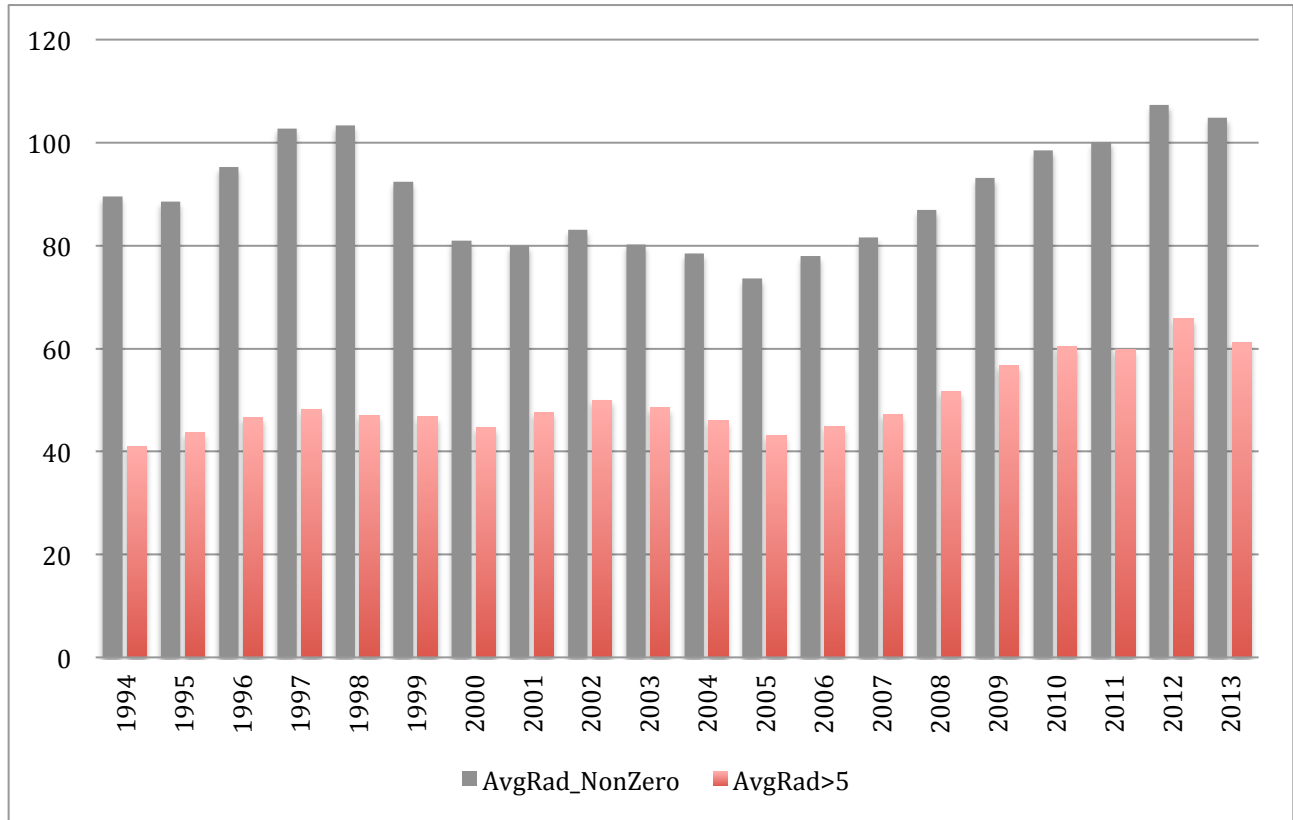


Analizzando i valori medi della radianza [F. 2] nel periodo di riferimento, si osserva che, nonostante l'aumento non sia lineare vi sono addirittura dei periodi di diminuzione (1999-2001 e 2003-2005) –, la tendenza è al rialzo sia per i valori medi comprendenti i dati minori ed uguali a  $5 \text{ W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  sia per quelli senza.

Il confronto tra i due andamenti rivela un progressivo assottigliamento della differenza fra le distribuzioni, riconducibile alla diminuzione delle superfici buie.

**F. 2 Valori medi della radianza con e senza contare le celle dove la radianza è inferiore o uguale a 5, Ticino 1994-2013**

Elaborazione OASI



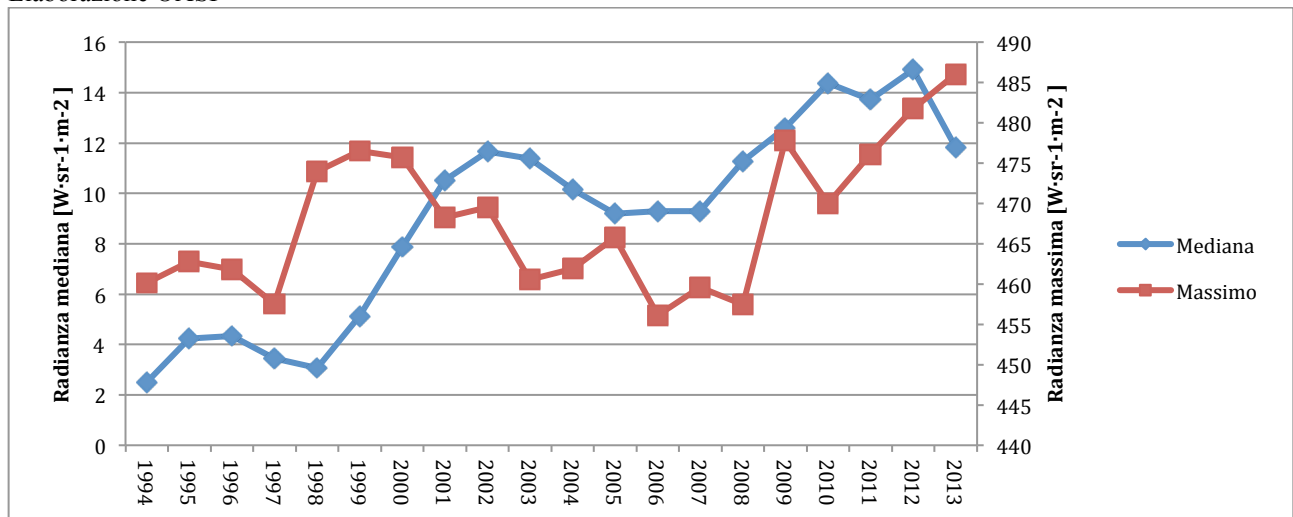
La rappresentazione grafica dei dati concernenti l'evoluzione dei valori medi e massimi [F. 3] evidenzia anch'essa il trend al rialzo del fenomeno dell'inquinamento luminoso nel canton Ticino.

Per quanto concerne i valori medi si registra un aumento importante nonostante dei brevi periodi di flessione (1997-1998, 2002-2005 e 2013); il tasso di crescita inter-annuale medio di questi valori si attesta a  $+0.6 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}/\text{anno}$ .

L'analisi della radianza massima indica una tendenza all'aumento meno regolare, si osservano infatti dei periodi di diminuzione dei valori massimi, il più importante tra questi è il triennio 2006-2008 dove la radianza massima risultava essere la più bassa della serie.

**F. 3 Evoluzione dei valori medi e massimi della radianza, Ticino dal 1994**

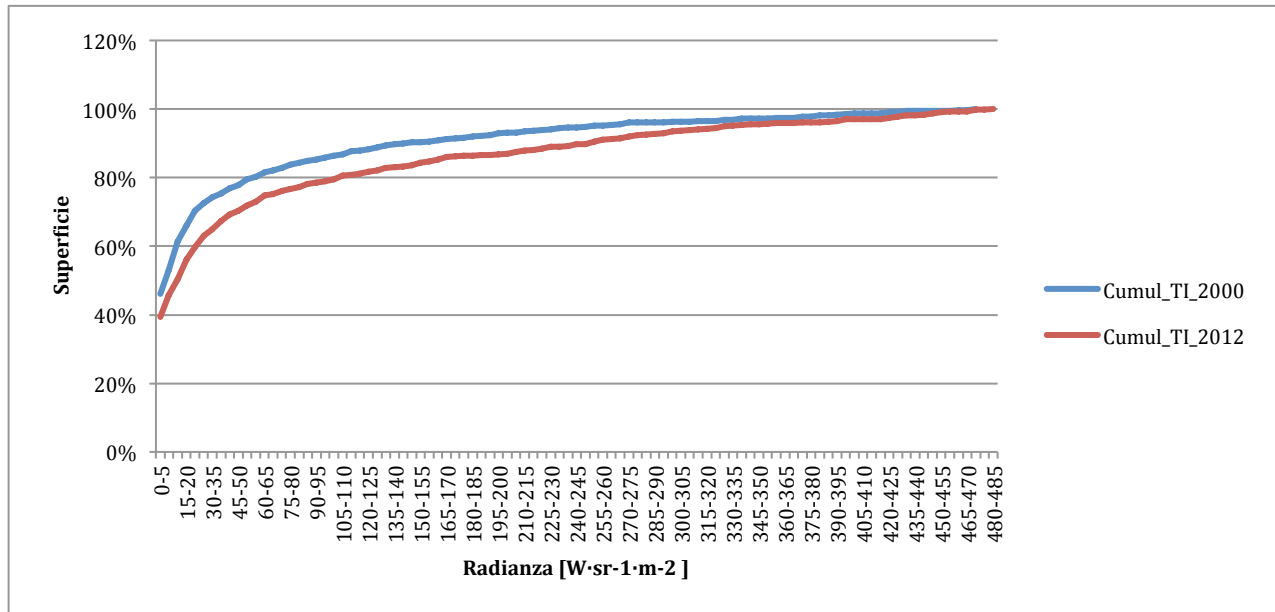
Elaborazione OASI



Dalla curva delle frequenze cumulate delle superfici in funzione del loro livello di radianza [F. 4] si osserva che, nel 2000, la maggior parte della superficie del Ticino era buia durante la notte. Dal grafico si può inoltre constatare che nel periodo 2000-2012 vi è stato uno spostamento di superfici verso dei valori di radiazione più elevati. Infatti, la distribuzione “Cumul\_TI\_2012” risulta essere traslata verso destra in rapporto alla distribuzione “Cumul\_TI\_2000” e questo indica che nel 2012 i livelli di radianza per una parte di superfici data, sono sempre maggiori rispetto all’anno 2000.

**F. 4 Frequenze cumulate delle superfici in funzione del loro livello di radianza, Ticino 2000 e 2012**

Elaborazione: OASI



## 2.1. Analisi incrociata radianza e popolazione/imprese

Le attività umane risultano essere uno dei principali indicatori delle emissioni luminose notturne. È dunque pertinente analizzare le relazioni tra la presenza dell’uomo ed i livelli di radianza.

In questa parte del rapporto è quindi presentata un’analisi incrociata dei dati concernenti la radianza, la popolazione e le imprese.

### 2.1.1. Dati disponibili

I soli dati ettometrici sulla popolazione, disponibili online sul sito GEOSTAT dell’Ufficio federale di statistica<sup>8</sup>, provengono dalle statistiche della popolazione (STAPOP)<sup>9</sup> e concernono gli anni 2010, 2011, 2012, 2013. Nell’analisi sono stati ritenuti anche i dati dell’ “ettaro collettivo” ovvero i dati corrispondenti alle persone che non possiedono un indirizzo fisso nel comune e che quindi non hanno potuto essere geocodificate. In questi casi vengono attribuite le coordinate del centro del comune.

I geodati sulle imprese fino al 2010 provengono dal censimento federale delle aziende (CA), dal 2011 sono raccolti nell’ambito della statistica strutturale delle imprese (STATENT)<sup>10</sup>. Se nell’ambito del CA i dati erano raccolti attraverso dei questionari, nella STATENT si utilizzano i registri AVS/AI/IPG nonché i registri OFS delle imprese e degli stabili. A causa delle diverse metodologie di raccolta dati, possono mostrarsi delle divergenze fra gli anni considerati.

<sup>8</sup> <http://www.bfs.admin.ch/content/bfs/portal/fr/index/dienstleistungen/geostat/bestellungen.html>

<sup>9</sup> [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/dienstleistungen/geostat/datenbeschreibung/volks-\\_\\_gebäude-0.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/dienstleistungen/geostat/datenbeschreibung/volks-__gebäude-0.html)

<sup>10</sup> [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/infothek/erhebungen\\_\\_quellen/blank/blank/statent/00.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/statent/00.html)

Sono stati utilizzati nell'ambito di questo rapporto i dati 2008, 2011 e 2012 in quanto, prima del 2008, i dati del CA disponibili erano raccolti in anni differenti a seconda del settore economico e quindi difficili da raggruppare.

I valori di radianza negativi sono sostituiti con il valore zero, in quanto si tratta di valori non plausibili. Sono inoltre stati eliminati i dati mancanti (-9999). A causa dell'eliminazione di questi valori associati ai dati di popolazione ed imprese, questi ultimi possono essere inferiori a quelli messi a disposizione dalle basi dati dell'UST.

### 2.1.2. Metodologia

Per effettuare queste analisi si è dovuto procedere alla manipolazione degli elementi a disposizione al fine di uniformare i dati ad una sola unità spaziale. Infatti le misurazioni della popolazione e delle imprese, disponibili sul portale GEOSTAT, hanno una risoluzione di un ettaro. Per quanto concerne la radianza, come esposto precedentemente, la taglia del pixel è di  $1\text{km}^2$ . Un'operazione di normalizzazione dei dati ad un'unità spaziale comune si è quindi resa necessaria.

Per ridurre al minimo gli errori si è deciso di uniformare i dati GEOSTAT al  $\text{km}^2$ . Questa operazione, che consiste nell'unire gli attributi della popolazione e delle imprese ad un layer vettoriale (reticolo), permette di sommare i valori degli attributi (vettore punto) contenuti all'interno di tutti i quadrati di lato  $1\text{km}$  presenti nel reticolo vettoriale. Il risultato di questo procedimento è un reticolo vettoriale con gli attributi di popolazione e delle imprese al  $\text{km}^2$ .

L'estrazione dei dati raster è stata effettuata attraverso il plugin *statistiche zonali* dal quale si ottiene un layer vettoriale al  $\text{km}^2$  (reticolo) contenente l'attributo radianza.

## F. 5 Metodologia

Elaborazione OASI



### 2.1.3. Popolazione

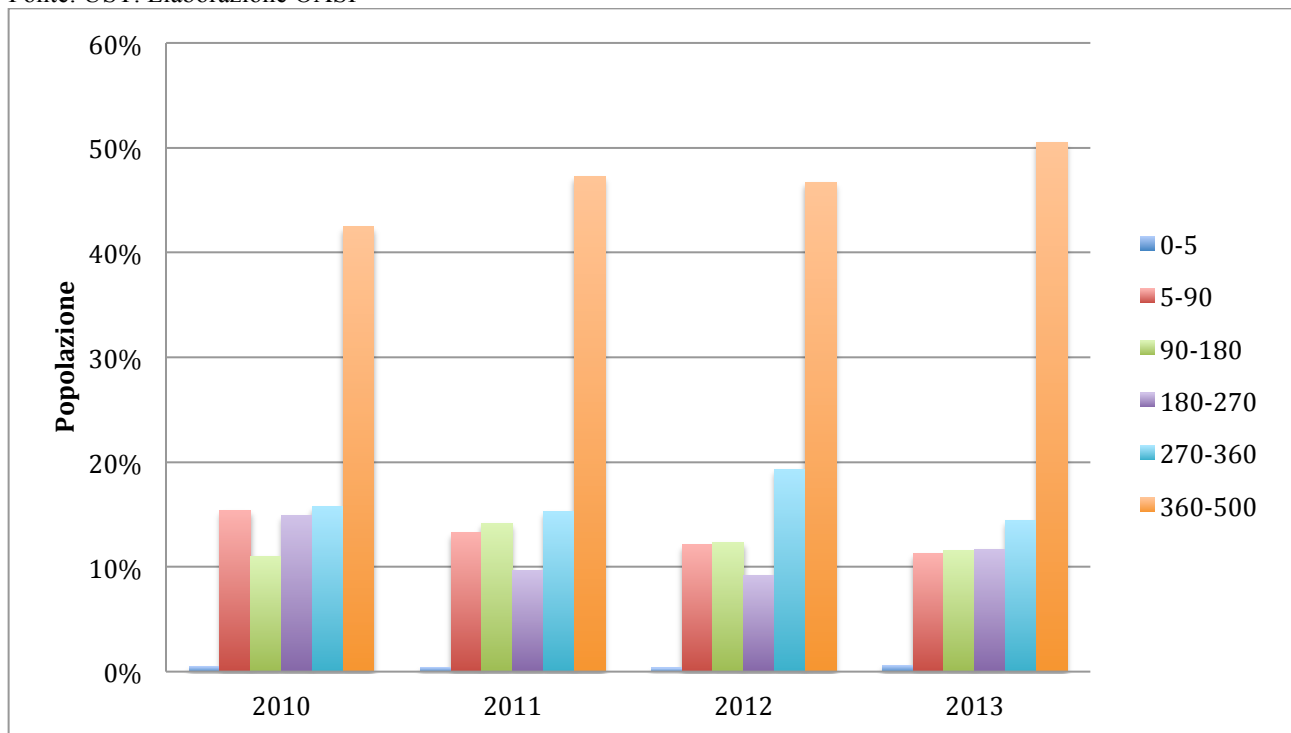
In Ticino, la maggior parte della popolazione risiede su superfici con livelli di inquinamento luminoso molto alti [F. 6]. Infatti, come si evince dal grafico sottostante, per il quadriennio considerato si constatata che la popolazione residente è in prevalenza installata su aree con una radianza compresa tra  $360$  e  $500 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ . Seguono per importanza i residenti su superfici con valori che si attestano tra  $270$  e  $360 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Dall'analisi dei dati disponibili si osserva una tendenza all'incremento della popolazione residente su superfici dove la radianza è elevata.



**F. 6 Popolazione a seconda del livello di radianza delle superfici, Ticino 2010-2013**

Fonte: UST. Elaborazione OASI

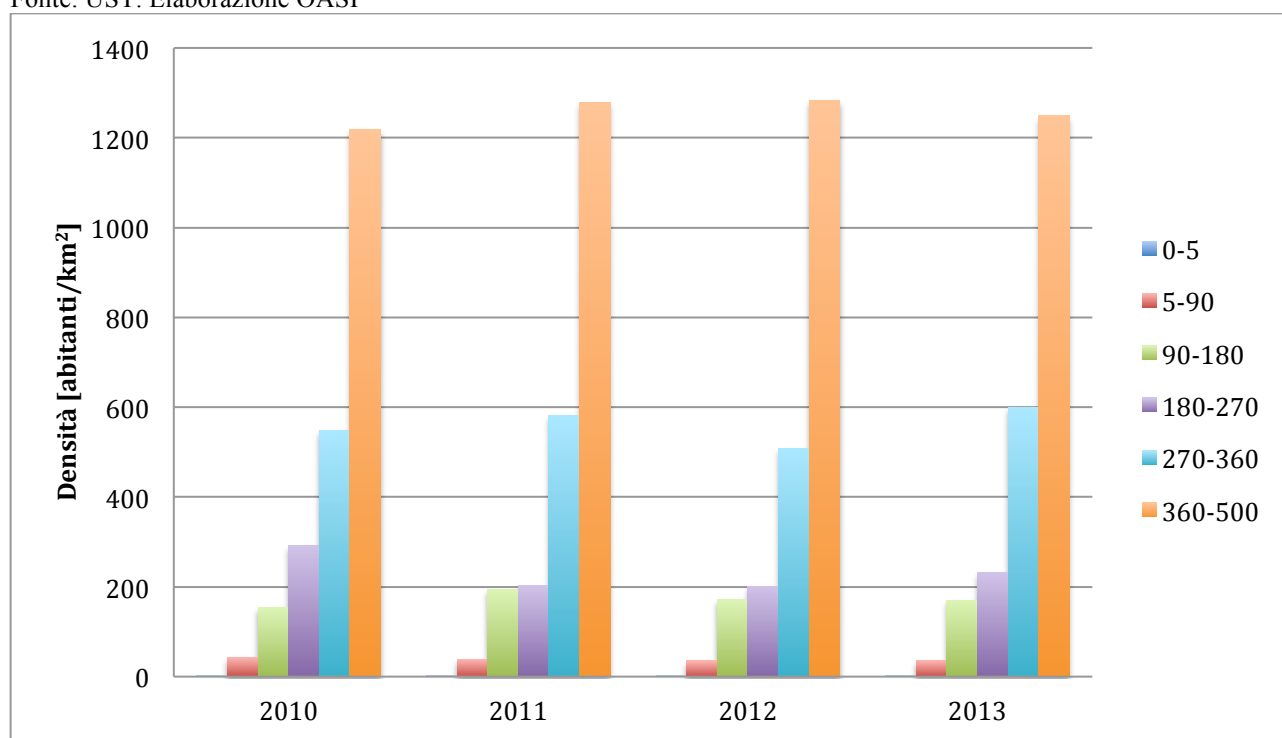


Scendendo nel dettaglio, si può osservare che i valori di radianza più elevati corrispondono ad un'alta densità di popolazione [F. 7]. Infatti, la maggior concentrazione di residenti al km<sup>2</sup> s'inserisce nell'intervallo di radianza compreso tra 360 e 500 W·sr<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>. Segue la categoria compresa tra 270 e 360 W·sr<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>.

Questa concomitanza tra valori di radianza elevati ed un'elevata densità di popolazione potrebbe indicare una relazione lineare fra le variabili. Questa ipotesi è supportata dalla correlazione statistica fra le due variabili che è prossima a 0.5 [F. 8]. Essendo questa correlazione moderata, è stato effettuando un test di Student. Il risultato è un valore di P (probabilità che la relazione sia dovuta al caso) inferiore al margine di errore accettabile (0.05) e il test è quindi significativo. Si può dunque affermare che esiste una relazione lineare fra le due variabili.

**F. 7 Densità media di popolazione per livello di radianza, Ticino 2010-2013**

Fonte: UST. Elaborazione OASI



Per quanto concerne le superfici abitate [F. 9], vale a dire le aree con almeno 1 abitante al km<sup>2</sup>, si osserva che la maggior parte di queste è caratterizzata da livelli di radianza relativamente bassi, compresi tra 5 e 9 W·sr<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>.

La tendenza per i quattro anni considerati mostra un leggero passaggio di superfici dalla categoria 5-90 verso le categorie di radianza superiori, in particolar modo verso le classi 270-360 e 360-500 W·sr<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>.

**F. 8 Correlazione e test di Student<sup>11</sup> fra popolazione e radianza, Ticino 2010-2013**

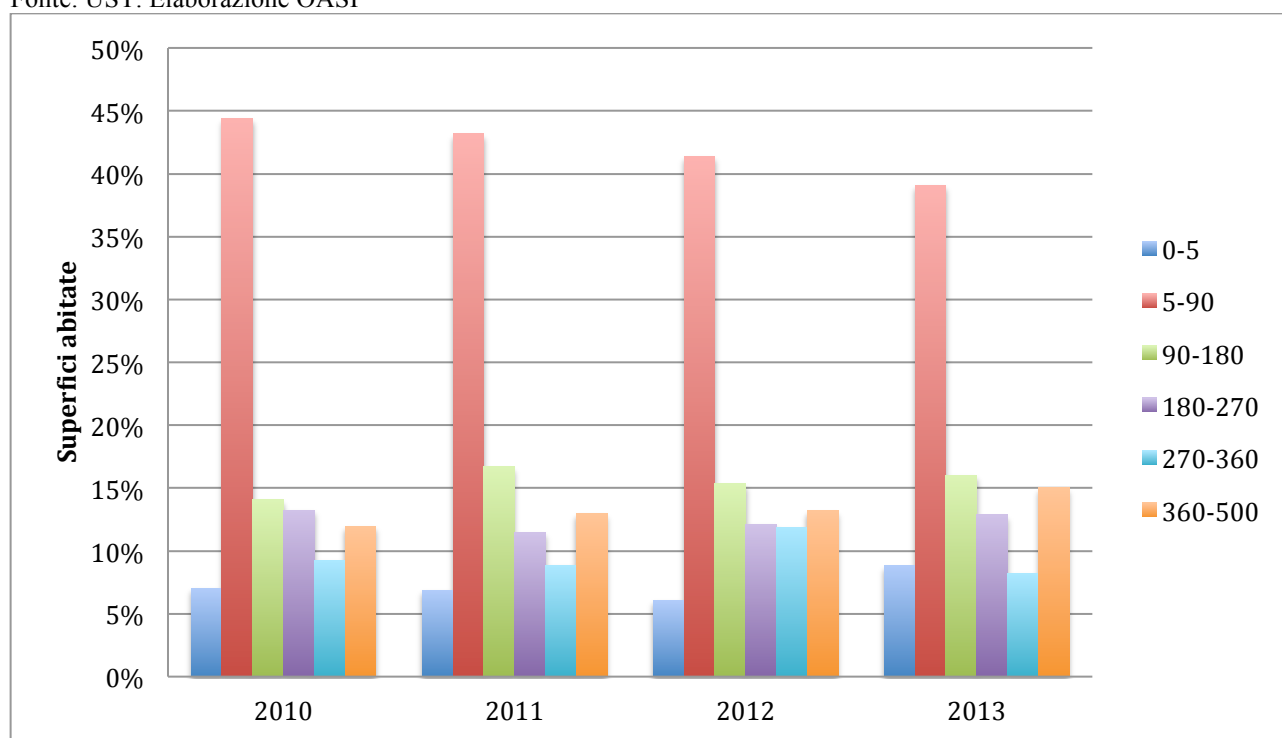
Fonte: UST. Elaborazione OASI

	2010	2011	2012	2013
<b>Correl.rad_pop</b>	0.49	0.54	0.50	0.26
<b>Test t rad_pop</b>	1.53E-09	7.33E-10	1.88E-08	1.66E-10

<sup>11</sup>Il valore rappresentato P indica la probabilità dell'ipotesi nulla, cioè che la relazione fra le due variabili sia dovuta al caso. Più questo valore è prossimo a 0 più la relazione è significativa. Attenzione però che, se ad esempio il test.t fornisce P = 0,01, la probabilità che sia un caso pari a 1%, la nostra relazione sarebbe significativa, ma non si pensi che sia significativa al 97%! È solo possibile affermare che il caso "influisce" per l'1%, non che la certezza sia l'opposto, cioè 99%.

**F. 9 Superfici abitate per livello di radianza, Ticino 2010-2013**

Fonte: UST. Elaborazione OASI



Confrontando i dati sulla distribuzione della densità media [F. 7] nelle categorie di radianza con i dati delle superfici abitate per livello di radianza [F. 9], si può affermare che la grande quantità di superfici abitate con una radianza tra 5 e  $90 \text{ W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  è caratterizzata da una debole concentrazione di popolazione. È quindi probabile che queste superfici rappresentino delle zone periurbane caratterizzate da un abitato diffuso e dunque poco denso.

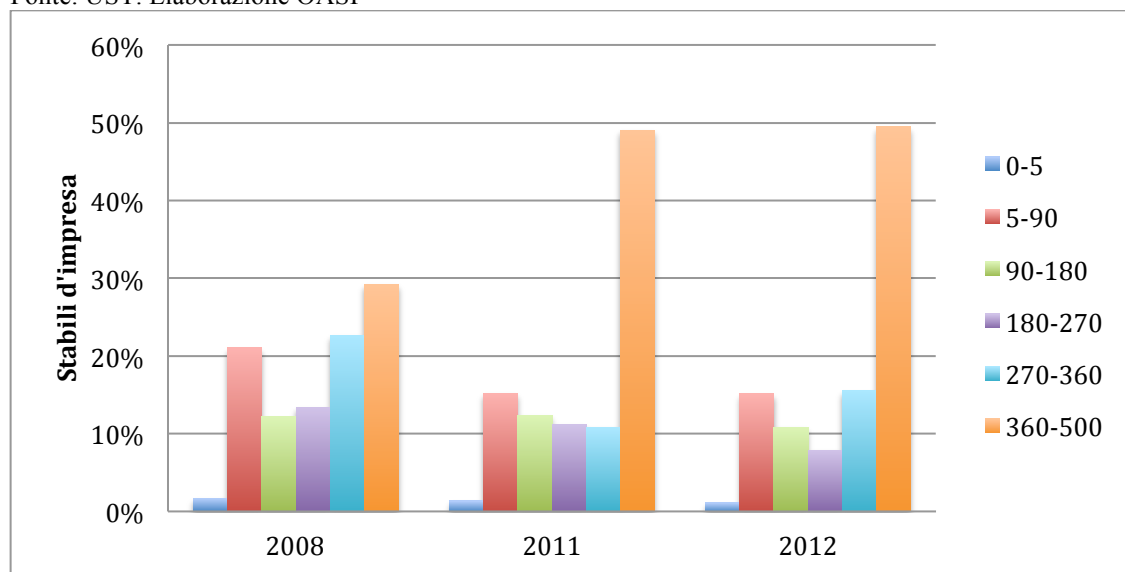
Al contrario, le superfici densamente abitate sono sottoposte a dei livelli di inquinamento luminoso elevati. Queste aree rappresentano molto probabilmente i centri densi e le corone urbane situati nel fondovalle del Cantone.

#### 2.1.4. Imprese

La maggior parte delle imprese del canton Ticino è localizzata su aree caratterizzate da valori di radianza elevati [F. 10]. Mentre nel 2008, più del 20% di esse era situata in zone con livelli relativamente bassi (tra 5 e  $90 \text{ W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ), nel 2012 questa parte si è ridotta a poco più del 15%. In questo periodo si registra un incremento delle imprese impiantate su aree con livelli molto alti di inquinamento luminoso, infatti la parte situata su superfici con livelli di radianza compresa tra 360 e  $500 \text{ W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  è passata dal 29% nel 2008 al 49% nel 2012.

**F. 10 Stabili d'impresa per livello di radianza delle superfici, Ticino 2008, 2011, 2012**

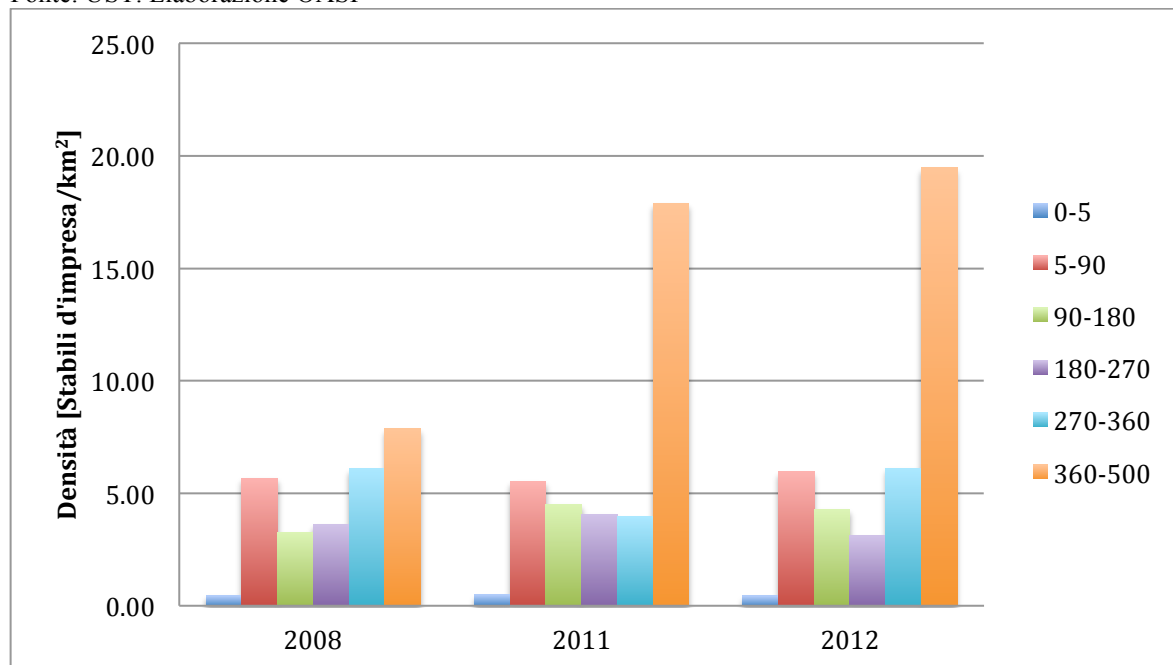
Fonte: UST. Elaborazione OASI



I valori di radianza più elevati si riscontrano dove la densità d'impresе è maggiore [F. 11]. Tuttavia si constata che la maggioranza delle superfici occupate [F. 12], dove quindi è presente almeno uno stabile d'impresa, è caratterizzata da valori di radianza debole (5 a 90  $\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Di conseguenza vi sono un numero ristretto di superfici con radianza elevata (360-500  $\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) che sono contraddistinte da un'elevata densità d'impresе.

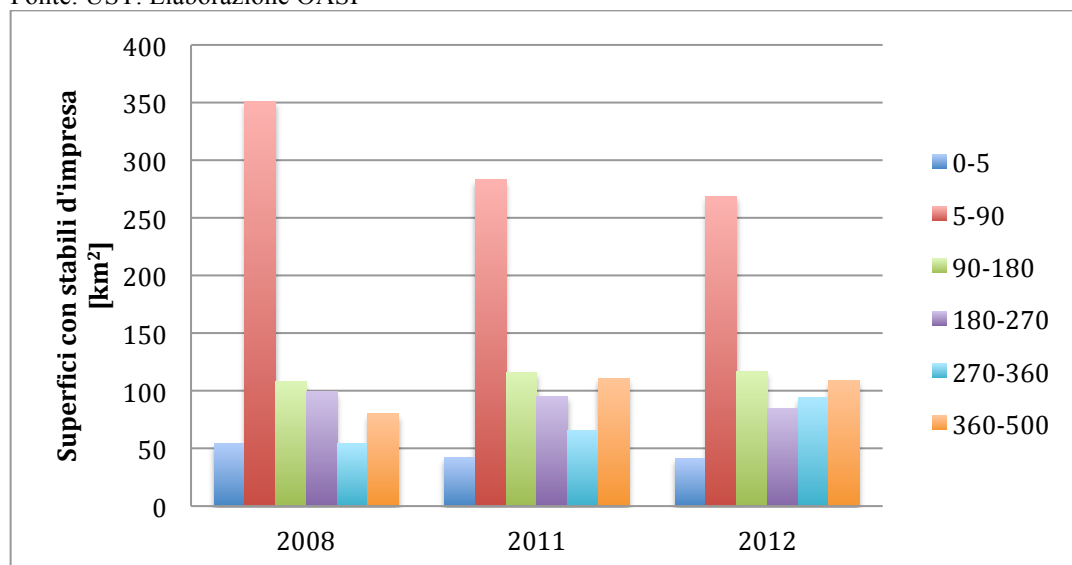
**F. 11 Densità degli stabili d'impresa per livello di radianza, Ticino 2008, 2011, 2012**

Fonte: UST. Elaborazione OASI



**F. 12 Superfici occupate da stabili d'impresa per livello di radianza, Ticino 2008, 2011, 2012**

Fonte: UST. Elaborazione OASI



La tabella riassuntiva sottostante mostra i dati chiave dell'analisi su scala cantonale; rimarchevole sono i livelli di radianza alla quale è sottoposta la maggioranza della popolazione ticinese.

**F. 13 Tabella riassuntiva, Ticino 2012 e 2013**

Fonte: UST. Elaborazione OASI

	Rad_media [W·sr-1·m <sup>2</sup> ]		Rad_Max [W·sr-1·m <sup>2</sup> ]		Rad_superfici dove risiede la maggioranza della pop. [W·sr-1·m <sup>2</sup> ]		Rad_superfici dove si localizza la maggioranza imprese [W·sr-1·m <sup>2</sup> ]	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
<b>Ticino</b>	66	61	482	486	360-500	360-500	360-500	360-500