

Appello per la riduzione e il contenimento dell'inquinamento luminoso in Italia- ALLEGATO

1. Principali conseguenze dell'inquinamento luminoso

Biodiversità ed ecosistemi

La luce è un fattore ecologico primario: condiziona la presenza e la distribuzione degli organismi viventi e ha fortemente contribuito a plasmarne l'evoluzione. Durante la notte, in condizioni naturali, la luminosità varia fra livelli di circa 5×10^{-5} lux (con cielo coperto) e circa 0,1-0,3 lux (cielo sereno e con luna piena). La diffusione dell'illuminazione elettrica, nel corso dell'ultimo secolo, ha cambiato radicalmente tale scenario: su vasta parte del territorio questi valori sono oggi superati di vari ordini di grandezza. I prati ai lati di una strada illuminata hanno illuminamenti centinaia di migliaia di volte maggiori rispetto alle normali condizioni di una notte naturalmente buia.

Gli effetti ecologici dell'inquinamento luminoso solo recentemente hanno cominciato ad essere oggetto di ricerca; ciononostante, benché ancora limitati, gli studi sull'argomento attestano la rilevanza del fenomeno.

Taluni aspetti sono eclatanti, come l'attrazione verso le fonti di luce artificiale. Per citare solo alcuni esempi, si pensi agli insetti attirati dai lampioni, dove finiscono per morire: ustionati, intrappolati, a seguito di perdita di energie o di predazione (quest'ultima facilitata da alterazioni comportamentali che si manifestano proprio a causa dell'illuminazione), oppure si considerino i fenomeni di dirottamento e collisione di stormi di uccelli in migrazione contro fari e alti edifici illuminati, in alcuni casi responsabili della perdita di migliaia di esemplari in una sola notte, o, ancora, gli effetti sulla riproduzione delle tartarughe marine, i cui piccoli, dopo la schiusa, anziché dirigersi verso il mare come hanno fatto per milioni di anni, guidati dal debole chiarore dovuto alla riflessione del cielo notturno, vengono fatalmente tratti in inganno dalla soverchiante luce degli insediamenti umani costieri.

L'aspetto opposto, la repulsione dalle fonti luminose, è meno evidente, ma non per questo meno grave: molti vertebrati e invertebrati percepiscono le luci come barriere, che riducono l'ambiente a loro disposizione e ne limitano le possibilità di spostamento; per molte specie ciò equivale a un aggravamento delle condizioni di frammentazione ambientale che ne minacciano la sopravvivenza.

Altri aspetti, più complessi per la molteplicità di interazioni attraverso cui si manifestano e ancora scarsamente conosciuti, devono essere presi in considerazione in relazione alla loro potenziale gravità e al principio di precauzione: le variazioni della luminosità dell'ambiente naturale che si registrano durante le 24 ore e le progressive variazioni della durata relativa del dì e della notte nel corso dell'anno rappresentano le informazioni più importanti per la sincronizzazione degli orologi biologici degli organismi viventi con l'ambiente esterno; si può conseguentemente ipotizzare che le variazioni artificiali della luminosità interferiscano con tali processi di regolazione, determinando alterazioni nelle funzioni controllate (ad esempio, negli animali: secrezione ormonale, alternanza sonno/veglia, ciclo riproduttivo, mute, letargo, migrazioni, assunzione di cibo e accumulo di riserve lipidiche; nei vegetali: germinazione dei semi, crescita, fioritura, fruttificazione, caduta delle foglie, dormienza delle gemme, ecc.). Gli effetti di variazioni apparentemente minuscole possono avere conseguenze a lungo termine, condizionando l'evoluzione: recentemente è stato dimostrato, ad esempio, come un'anticipazione di pochi minuti dell'attività di canto a causa dell'illuminazione artificiale possa interferire negli uccelli coi processi naturali di selezione sessuale.

In generale, la portata delle conseguenze dell'inquinamento luminoso va dalla sfera dell'individuo e della specie a quelle delle comunità (alterazione dei rapporti fra specie, quali competizione, predazione e parassitismo) e degli ecosistemi (alterazione delle reti alimentari e degli equilibri ecologici). Interessa gli ambienti terrestri come quelli acquatici; per fare un esempio relativo a questi ultimi: è stato dimostrato che la luce artificiale intorno ai laghi può impedire la migrazione

verticale notturna dello zooplancton, determinando presumibilmente conseguenze a cascata sulle reti alimentari di tali ecosistemi.

La conservazione della biodiversità e degli ambienti naturali rappresenta un interesse riconosciuto della comunità nazionale e internazionale e, al riguardo, merita ricordare che le perdite di biodiversità e le alterazioni ecosistemiche possono avere anche importanti ripercussioni economiche. A titolo d'esempio, si cita un dato relativo ai chiroteri (pipistrelli), mammiferi particolarmente esposti alle conseguenze dell'inquinamento luminoso a causa delle abitudini notturne: è stato calcolato che il valore economico dei chiroteri del Nord America in relazione ai benefici apportati all'agricoltura (riduzione della necessità di trattamenti fitosanitari) è compreso fra un minimo di 3,7 e un massimo di 53 miliardi di dollari all'anno, con uno scenario di valutazione considerato più probabile di 22,9 miliardi di dollari all'anno.

Alcuni riferimenti circa i concetti esposti e per l'approfondimento

Boyles J.G., Cryan P.M., McCracken G.F., Kunz T.H., 2011. Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332: 41-42. <http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/23069a/23069a.pdf>

Bruce-White C., Shardlow M., 2011. A review of the impact of artificial light on invertebrates. *Buglife – The Invertebrate Conservation Trust*. Pp. 32.

http://www.buglife.org.uk/Resources/Buglife/Impact%20of%20artificial%20light%20on%20invertebrates_docx.pdf

Davies T.W., Bennie J., Gaston K.J., 2012. Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biol. Lett.* published online 23 May 2012. Royal Society Publishing.

<http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/early/2012/05/15/rsbl.2012.0216.full>

Kempnaers B, Borgström P, Loës P., Schlicht E., Valcu M., 2010. Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology*, 20: 1735-1739.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982210010183>

Perkin E. K., Holker F., Richardson J.S., Sadler J.P., Wolter C., Tockner K., 2011. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges, and perspectives. *Ecosphere*, 2(11): 122.

<http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/ES11-00241.1>

Rich C., Longcore T. (Eds.), 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press, Washington. Pp. 458.

Stone E.L., Jones G., Harris S., 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology*, 19 (13): 1123-1127. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19540116>

Stone E.L., Jones G., Harris S., 2012. Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. *Global Change Biology*, 18(8): 2458–2465.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2012.02705.x/abstract>

Salute umana

Anche la specie umana si è evoluta in assenza di sorgenti significative di illuminazione artificiale notturna e anch'essa, di conseguenza, si trova a dover fronteggiare la mancanza di adattamento biologico alle condizioni repentinamente mutate con la diffusione dell'illuminazione elettrica. Benché la materia sia relativamente nuova, negli ultimi anni si è assistito a una crescente produzione di studi aventi in oggetto le possibili implicazioni patologiche e sociali dell'esposizione alla luce durante la notte.

Si dispone ormai di evidenze consistenti, frutto della ricerca epidemiologica e sperimentale, attestanti la relazione fra l'aumento dell'incidenza del cancro al seno e i livelli di melatonina, un neuroormone dalle proprietà antiossidanti e oncostatiche la cui produzione e secrezione da parte dell'epifisi è soppressa dall'esposizione alla luce nottetempo; la soppressione è particolarmente rilevante in caso di esposizione a luce di lunghezza d'onda compresa fra 446 e 477 nm (luce blu,

componente spettrale sempre presente nella luce bianca e in particolare in quella bianco-fredda). Se vari studi hanno accertato l'incremento di questo tipo di cancro nelle donne che effettuano turni lavorativi notturni, più recentemente sono stati messi in evidenza l'esistenza di una forte correlazione fra i livelli di luminosità notturna nell'ambiente e l'incidenza della malattia nella popolazione complessiva, nonché il fatto che anche l'esposizione alla luce artificiale nelle ore serali ha effetti sulla secrezione di melatonina, riducendola e ritardandola.

Ulteriori studi hanno suggerito possibili relazioni causali fra l'esposizione notturna alla luce e altri tipi di cancro (colon-retto, prostata).

Poiché la melatonina, interagendo con ghiandole e organi bersaglio, ha un ruolo importante nel condizionare i ritmi biologici e nella sincronizzazione dell'orologio biologico (i nuclei soprachiasmatici dell'ipotalamo, sede centrale dell'orologio biologico, condizionano la secrezione della melatonina in funzione delle informazioni sulla luminosità ambientale ricevute dalla retina e sono nel contempo condizionati dalla melatonina attraverso recettori di membrana) si sospetta che le interferenze con la sua produzione e secrezione dovute all'esposizione alla luce durante la notte possano concorrere a causare stati patologici di natura assai varia, quali disturbi dell'umore (depressione), insonnia, immunodepressione, malattie cardiache e disordini metabolici (diabete, obesità); tali stati patologici potrebbero a loro volta facilitare l'insorgenza di altre malattie, compreso il cancro.

Occorre inoltre considerare la possibilità che l'esposizione notturna alla luce abbia responsabilità nella formazione e proliferazione tumorale e in altre situazioni patologiche attraverso meccanismi alternativi, che non coinvolgono la melatonina.

La piena comprensione dei rapporti di causa-effetto e delle dinamiche con cui si manifestano le patologie cui si è accennato è certamente ancora lontana, complicata dal fatto che si tratta prevalentemente di malattie multifattoriali. Necessitano approfondimenti di ricerca su molti aspetti (meccanismi biofisici e fisiologici di fototransduzione, fattori molecolari e fisiologici alla base dei ritmi biologici, conseguenze patologiche associate alle diverse forme di alterazione di tali ritmi, effetti delle terapie, tecniche per ridurre l'impatto della luce ambientale, ecc.), ma il principio di precauzione, considerato quanto sopra riportato, impone che si agisca da subito per minimizzare il possibile rischio connesso all'illuminazione artificiale, limitando la medesima alle effettive necessità e ricorrendo alle tecnologie denotanti minor potenzialità d'impatto (in particolare prediligendo l'uso di lampade che consentano di minimizzare le emissioni di lunghezza d'onda inferiore a 500 nm).

Alcuni riferimenti circa i concetti esposti e per l'approfondimento

Brainard G.C., Hanifin J.P., Greeson J.M., Byrne B., Glickman G., Gerner E., et al., 2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci.*, 21: 6405–6412. <http://www.jneurosci.org/content/21/16/6405.long>

Erren T.C., Reiter R.J., 2009. Light Hygiene: Time to make preventive use of insights--old and new--into the nexus of the drug light, melatonin, clocks, chronodisruption and public health. *Med Hypotheses*, 73(4): 537-541. [http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306-9877\(09\)00416-2/abstract](http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306-9877(09)00416-2/abstract)

Falchi F., Cinzano P., Elvidge C.D., Keith D.M., Haim A., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *J. Environ. Manage.* 92(10): 2714-2722. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21745709>

Fonken L.K., Nelson R.J., 2011. Illuminating the deleterious effects of light at night. *F1000 Med Rep.* 3: 18. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3169904/>

Gooley J.J., Chamberlain K., Smith K.A., Khalsa S.B.S., Rajaratnam S.M.W., vanReen E., Zeitzer J.M., Czeisler C.A., Lockey S.W., 2011. Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Mar 96(3): E463-72. <http://jcem.endojournals.org/content/96/3/E463.long>

Kloog I., Haim A., Stevens R.G., Portnov B.A., 2009. Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon, and lung in men. *Chronobiol. Int.* 2009 Jan; 26(1): 108-125. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19142761>

Kloog I., Stevens R.G., Haim A., Portnov B.A., 2010. Nighttime light level co-distributes with breast cancer incidence worldwide. *Cancer Causes Control*, 21: 2059-68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20680434>

Navara K.J., Nelson R.J., 2007. The dark side of light at night: physiological, epidemiological and ecological consequences. *J. Pineal Res.*, 43: 215-224. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x/full>

Pauley S.M., 2004. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses*, 63: 588-596. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15325001>

Schernhammer E.S., Laden F., Speizer F.K., Willett W.C., Hunter D.J., Kawachi I., Fuchs C.S., Colditz G.A., 2003. Night-Shift Work and Risk of Colorectal Cancer in the Nurses' Health Study. *Journal of the National Cancer Institute*, 95(11): 825-828. <http://jnci.oxfordjournals.org/content/95/11/825.full>

Stevens R.G., Blask D.E., Brainard G.C., Hansen J., Lockley S.W., Provencio I., Rea M.S., Reinlib L., 2007. Meeting Report: The Role of Environmental Lighting and Circadian Disruption in Cancer and Other Diseases. *Environ Health Perspect* 115(9): 1357-1362. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1964886/>

Tan D.X., Manchester L.C., Fuentes-Broto L., Paredes S.D., Reiter R.J., 2011. Significance and application of melatonin in the regulation of brown adipose tissue metabolism: relation to human obesity. *Obesity Reviews*, 12(3): 167-188. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20557470>

Wu J., Dauchy R.T., Tirrell P.C., Wu S.S., Lynch D.T., Jitawatanarat P., Burrington C.M., Dauchy E.M., Blask D.E., Greene M.W., 2011. Light at night activates IGF-1R/PDK1 signaling and accelerates tumor growth in human breast cancer xenografts. *Cancer Research*, 71(7): 2622-2631. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21310824>

Zawilska J.B., Skene D.J., Arendt J., 2009. Physiology and pharmacology of melatonin in relation to biological rhythms. *Pharmacological Reports*, 61: 383-410. http://www.if-pan.krakow.pl/pjp/pdf/2009/3_383.pdf

Aspetti astronomici, estetici e culturali

L'inquinamento luminoso riduce la possibilità di osservare e studiare i corpi celesti. Il flusso luminoso naturale del cielo stellato, finestra spalancata sull'Universo, viene occultato dalla gran quantità di luce artificiale dispersa, che si sovrappone e confonde con la luce delle sorgenti celesti, rendendone difficoltosa o addirittura impossibile l'osservazione.

Nel nostro Paese sono sempre meno, anche in alta montagna, le aree nelle quali il buio naturale non è intaccato dal chiarore proveniente dalle città illuminate, e spesso illuminate irrazionalmente. Se non si contiene l'avanzata del fenomeno, anche nelle zone meno antropizzate la notte stellata diverrà soltanto un lontano ricordo dei più anziani. L'impossibilità di fruire dello spettacolo offerto dalla volta celeste ha già quasi completamente privato le nuove generazioni, cresciute nei contesti urbani, della percezione del cosmo, con molteplici risvolti culturali negativi.

A farne le spese è in primo luogo l'Astronomia, "madre di tutte le scienze" e potente stimolo affinché le nuove leve maturino interesse per la conoscenza, presupposto necessario per il fiorire della ricerca pura e applicata.

Non è un caso che quella grande fucina di brevetti che sono gli Stati Uniti d'America, ove le scienze permeano la didattica e i mezzi di comunicazione di massa in modo per noi italiani impensabile, investa ingenti risorse e sia leader mondiale nella ricerca astronomica. Proprio negli Stati Uniti, per salvaguardare l'attività di grandi osservatori astronomici, furono adottate già a metà del secolo scorso le prime norme giuridiche di lotta all'inquinamento luminoso.

Al di là della problematica astronomica in senso stretto, si evidenzia una più generale e sfaccettata problematica culturale.

In occasione della proclamazione del 2009 Anno Internazionale dell'Astronomia, l'UNESCO ha definito il cielo "eredità comune e universale" dell'umanità e le sue interpretazioni culturali-

astronomiche, tradotte in testimonianze materiali che datano dalla preistoria ai nostri giorni e che si ritrovano copiose anche in Italia, un bene prezioso da salvaguardare (33^a Conferenza Generale UNESCO, Parigi 2005). E' ovvio corollario di tale concetto che la possibilità di percepire il cielo stellato costituisce un prerequisito per poter apprezzare pienamente tali beni.

Il cielo stellato rappresenta una componente del paesaggio di valore estetico, richiamata innumerevoli volte nell'arte e nella letteratura, la cui visione determina una gratificazione diretta non solo nello spettatore culturalmente più preparato, ma anche in quello più ingenuo. Secondo la Dichiarazione in difesa del cielo notturno e del diritto alla luce delle stelle "un cielo notturno non inquinato, che permetta di godere e contemplare il firmamento dovrebbe essere considerato un diritto inalienabile dell'umanità, al pari di altri diritti ambientali, sociali e culturali" (I Conferenza internazionale *Starlight Initiative*; La Palma, 2007).

Il cielo stellato può rappresentare anche motivo di attrazione turistica. Negli Stati Uniti e in Canada grandi parchi nazionali si fregiano dell'ambita definizione di aree *light pollution free* e la stessa UN-World Tourism Organization ha sottolineato l'importanza del cielo stellato incontaminato quale fattore di attrazione turistica.

Ancora in riferimento agli aspetti estetici e culturali, va infine fatto un cenno alla problematica dell'illuminazione decorativa degli edifici monumentali. Spesso si assiste a interventi esagerati (per quantità di luce, colori, illuminazione dello sfondo a causa di un errato orientamento dei fari), tali da snaturare la percezione delle opere, estraniandole dal contesto ambientale in cui e per cui sono state concepite. Lo spegnimento dei monumenti a una certa ora e una maggior cautela nella valutazione dell'opportunità e delle modalità di illuminarli potrebbero dunque produrre benefici non solo di tipo economico e ambientale, ma anche sotto il profilo estetico e culturale.

Alcuni riferimenti circa i concetti esposti e per l'approfondimento

Cinzano P., Falchi F., 2012. The propagation of light Pollution in the atmosphere. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 427: 3337-3357.

Cinzano P., Falchi F., Elvidge C.D., 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* <http://www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf>

Falchi F., 2011. Campaign of sky brightness and extinction measurements using a portable CCD camera. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 412: 33-48.
http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/pubs/MNRAS_DOI=10.1111_j.1365-2966.2010.17845.pdf

Luginbuhl C.B., Walker C.E., Wainscoat R.J., 2009. Lighting and astronomy. *Physics Today*, 62 (12): 32-37.
http://www.darkskiesawareness.org/files/PTarticle_Lighting&Astronomy.pdf

Marin C., Jafari J. (Eds.), 2007. *Starlight, a common heritage*. Proceedings of the International Conference in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars, La Palma, Canary Islands, Spain, 2007. Published by Starlight Initiative and Instituto de Astrofísica de Canarias. Pp. 497.
http://www.starlight2007.net/index.php?option=com_content&view=article&id=185&Itemid=80&lang=en

Marin C. and Orlando G. editors, 2009, *Starlight Reserves and World Heritages: scientific, cultural and environmental values*. Published by the Starlight Initiative, IAC and the UNESCO World Heritage Centre.
<http://starlight2007.net/pdf/FinalReportFuerteventuraSL.pdf>

Ruggles C., Cotte M. et al., 2010. Heritage sites of astronomy and archaeoastronomy in the context of the World Heritage Convention. A thematic study. Published by ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) and IAU (International Astronomical Union). Pp. 272.
<http://www2.astronomicalheritage.net/index.php/thematic-study-content>

UNESCO, 2005. Proclamation of 2009 as the United Nations International Year of Astronomy. 33rd Session UNESCO General Conference, Paris 2005. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001413/141314e.pdf>

2. Effetti che deriverebbero dall'adozione di efficaci provvedimenti contro l'inquinamento luminoso, come quelli oggetto dell'*Operazione cieli bui*

L'interruzione della crescita dell'inquinamento luminoso e una successiva sensibile riduzione del fenomeno produrrebbero benefici in relazione a tutti gli aspetti sopra considerati: conservazione della biodiversità, tutela delle biocenosi e degli equilibri ecologici, tutela della salute umana, tutela del cielo notturno, con relative implicazioni scientifiche e culturali.

Ulteriori e più facilmente quantificabili effetti riguarderebbero la riduzione della spesa pubblica, il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di CO₂. In particolare, le misure previste dall'*Operazione cieli bui* avrebbero portato a un risparmio energetico e di spesa superiore al 50% dell'attuale, cominciando a riallineare l'Italia ai Paesi più virtuosi in questo settore, come la Germania e la Gran Bretagna. La stessa Germania, nonostante spenda oggi nell'illuminazione pubblica la metà di quanto spende l'Italia (benché abbia circa 25 milioni di abitanti in più) ha in programma un'ulteriore riduzione della spesa, con l'obiettivo di portarla a poco oltre i 300 milioni di euro annui. Anche la Gran Bretagna sta lavorando per ridurre la propria spesa nel settore, che attualmente è poco più di un terzo di quella dell'Italia.

3. Infondatezza delle argomentazioni avanzate contro l'*Operazione cieli bui*

Illuminazione e prevenzione della criminalità

Una delle motivazioni con cui l'*Operazione cieli bui* è stata respinta riguarda la tutela dei cittadini dalla criminalità. Per far chiarezza merita citare i risultati di alcune indagini sull'argomento.

Nel 1977 il *National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice* del Dipartimento di Giustizia degli Stati Uniti presentò al Congresso USA uno studio inerente gli effetti di 60 progetti di illuminazione stradale (Tien *et al.*, 1977). Le conclusioni evidenziavano come l'incremento dell'illuminazione facesse diminuire nei cittadini la paura di subire atti criminali, ma in realtà non vi fossero prove, statisticamente significative, che l'illuminazione riducesse il livello di criminalità.

Vent'anni dopo alle stesse conclusioni è pervenuta un'indagine sulla prevenzione del crimine condotta per conto del Congresso dal *National Institute of Justice* del Dipartimento di Giustizia degli Stati Uniti (Sherman *et al.*, 1997).

Nel 2000 un documento particolarmente approfondito sul rapporto fra illuminazione e criminalità è stato presentato alla Commissione parlamentare su droghe e crimine dello Stato del Victoria, in Australia. Lo studio, successivamente oggetto di ulteriore approfondimento e pubblicazione, consta di due parti. Nella prima (Clark, 2002) viene effettuata un'attenta revisione della letteratura sull'argomento, principalmente prodotta negli Stati Uniti e nel Regno Unito. Parte dei lavori esaminati risulta pervenuta alla conclusione che una maggior illuminazione determina minor criminalità, ma dall'esame di tali contributi emerge la mancanza di una corretta impostazione sperimentale e errori di analisi tali da doverne rifiutare le conclusioni.

La seconda parte del lavoro (Clark, 2003) presenta prove consistenti addirittura a sostegno della conclusione opposta, ossia attestanti che in condizioni di minor illuminazione si registra minor criminalità. Tale relazione, in fondo, è anche intuibile, dal momento che l'illuminazione può facilitare l'attività dei criminali in diversi modi: esonerandoli dal dover utilizzare fonti di luce proprie (torce) che li renderebbero più evidenti nel contesto ambientale buio, permettendo loro una migliore individuazione degli obiettivi e delle potenziali vittime, facilitando l'uso di armi da fuoco di precisione da distanza.

Fra la letteratura più recente, meritano citazione alcuni lavori di Marchant (2004, 2005 e 2011), nei quali l'autore analizza contributi pubblicati in precedenza a sostegno dell'efficacia dell'illuminazione contro il crimine, riscontrandovi sostanziali carenze nell'impianto metodologico

e nell'analisi statistica, e presenta nuovi dati comprovanti l'impossibilità di sostenere che l'illuminazione riduce il crimine.

A quanto esposto, si aggiunga che interventi di riduzione dell'illuminazione pubblica condotti negli ultimi anni in città della Germania (Rheine) e nel Liechtenstein (tutti i Comuni) non hanno fatto registrare incrementi del crimine.

Sintetizzando: non vi sono prove che l'illuminazione tuteli i cittadini dal crimine. L'aumento della "percezione di sicurezza" che si verifica incrementando l'illuminazione è dunque un illusorio frutto della disinformazione. Meglio sarebbe, per l'incolumità dei cittadini, se la percezione della sicurezza crescesse al reale crescere della sicurezza, obiettivo quest'ultimo che evidentemente deve essere perseguito con mezzi diversi da quelli qui discussi.

Illuminare usando come pretesto la sicurezza non è senza controindicazioni in quanto la nostra società ha risorse limitate e la spesa per l'illuminazione potrebbe essere dirottata verso misure sicuramente efficaci, quali il potenziamento degli organi di polizia e della sorveglianza mediante telecamere.

Alcuni riferimenti circa i concetti esposti e per l'approfondimento

Clark B.A.J., 2002. Outdoor lighting and crime, part 1: little or no benefit. Astronomical Society of Victoria, Inc., Australia. Pp. 64. <http://asv.org.au/downloads/Outdoor%20Lighting%20and%20Crime.%20Part%201.pdf>

Clark B.A.J., 2003. Outdoor lighting and crime, part 2: coupled growth. Astronomical Society of Victoria, Inc., Australia. Pp. 193. <http://asv.org.au/lpoll/OLCpt2.zip>

Marchant P.R., 2004. A demonstration that the claim that brighter lighting reduces crime is unfounded. Brit. J. Criminol., 44: 441-447. http://praxis.leedsmet.ac.uk/praxis/documents/lighting_pm.pdf

Marchant P.R., 2005. Shining a light on evidence based policy: street lighting and crime. Criminal Justice Matters, 62(1): 18-45.

Marchant P.R., 2011. Have new street lighting schemes reduced crime in London? Radical Statistics, 104: 39-48. http://www.radstats.org.uk/no104/Marchant2_104.pdf

Sherman L.W., Gottfredson D., MacKenzie D., Eck J., Reuter P., Bushway S., 1997. Preventing crime: what works, what doesn't, what's promising. A report to the United States Congress prepared for the National Institute of Justice. <https://www.ncjrs.gov/works/>

Tien J.M., O'Donnell V.F., Barnett A.I., Mirchandani P.B., 1977. National Evaluation Program. Phase I final report. Street lighting projects. National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice, Law Enforcement Assistance Administration, United States Department of Justice Pp. 102. <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/Digitization/47011NCJRS.pdf>

Illuminazione e sicurezza sulle strade

La tesi secondo cui una maggior illuminazione determinerebbe maggior sicurezza stradale rappresenta il secondo argomento utilizzato contro l'*Operazione cieli bui*.

Di nuovo occorre distinguere fra "percezione di sicurezza" e "sicurezza reale" e, nel caso della sicurezza stradale, la differenza fra i due concetti è tale da poter arrivare a farli apparire addirittura antitetici.

I primi studi sugli effetti dell'illuminazione risalgono a decenni fa. Elvik [1], nel 1995, compilava una rassegna di 37 diversi studi, condotti fra il 1948 e il 1989. La maggior parte di essi era giunta alla conclusione che illuminare è una misura atta a incrementare la sicurezza. Nel corso del tempo questi studi sono stati rivisti, mettendo in luce gradualmente una serie di fattori che avevano interferito con le conclusioni (per esempio [3-5]). Elvik stesso [2], nel 2009, giungeva alla conclusione che gli effetti dell'illuminazione erano stati abbondantemente sovrastimati: "*Since no*

study has controlled for all potentially confounding factors, it is more likely that the risk associated with darkness has been overestimated than that it has been underestimated”.

Nel frattempo l'equazione “forte illuminazione uguale sicurezza” è stata messa in discussione da altri studi. Si è giunti gradualmente a riconoscere che l'elemento discriminante che condiziona la sicurezza non è la quantità dell'illuminazione, ma la sua qualità [6]. Per citare un esempio, uno studio condotto nello Stato dell'Oregon nel 2008 ha evidenziato come lo spegnimento (ponderato) dell'illuminazione non abbia effetti negativi e come, più che il livello di illuminazione, sia rilevante la modalità con la quale si illumina [8]. Van Bommel [10] e Mace [17], in due studi indipendenti, hanno dimostrato come sistemi di illuminazione di cattiva concezione possano produrre risultati addirittura inferiori alla condizione di assenza di illuminazione (spiegando così la ragione della grande varietà di conclusioni a cui erano giunti i primi studi di Elvik).

La qualità dell'illuminazione si deve valutare in rapporto a fattori umani, in particolare i meccanismi cognitivi connessi alla percezione visiva. Elemento fondamentale è il contrasto, fattore che è poco legato al livello di illuminazione. Adrian [14-16] e altri autori hanno elaborato criteri di buona illuminazione, basati sul concetto di contrasto, che sono stati recepiti nelle norme IESNA, ma non ancora nell'Unione Europea: è considerata di buona qualità l'illuminazione direzionata correttamente sulle aree da illuminare e che, soprattutto, non produce abbagliamento. L'abbagliamento riduce la capacità di individuare gli oggetti ed è un elemento che va tenuto in debito conto nella progettazione dell'impianto di illuminazione e nella sistemazione di tutte le sorgenti potenzialmente disturbanti a bordo strada.

Dalla breve analisi sopra esposta si possono trarre alcune conclusioni. La prima è che le stime iniziali indicanti un beneficio dell'illuminazione laddove questo non c'era sono andate scemando a mano a mano che metodi di studio più accurati hanno consentito di separare i fattori di interferenza. Elvik stesso [2] stima il rischio notturno pari a 1 (nessun incremento del rischio rispetto alla condizione diurna) per gli occupanti dei veicoli, e pari a 1,6 e 2,1 per ciclisti e pedoni (ciò implicitamente significa che non illuminare strade che non ammettono pedoni e ciclisti, come prevedeva l'*Operazione cieli bui*, non diminuisce la sicurezza di circolazione). Il maggiore rischio per gli utenti vulnerabili della strada (pedoni e ciclisti) è dovuto in generale al fatto che questi non sono provvisti di sufficiente illuminazione propria e che gli automobilisti guidano più velocemente di quanto consentito dall'orizzonte visivo [18]. A quest'ultimo riguardo va detto che l'illuminazione estende l'orizzonte di percezione degli automobilisti, ma è provato che parte di questo beneficio è annullato da un comportamento di omeostasi del rischio che porta ad un aumento della velocità con l'illuminazione [12].

La seconda conclusione è che il livello di illuminazione non è il fattore principale nel determinare la sicurezza sulle strade. Studi come quello condotto nell'Oregon [8] o sulla A16 in Francia [5] attestano che una riduzione di illuminazione può anche essere associata a una riduzione della gravità degli incidenti. In Gran Bretagna, in relazione a una revisione costi-benefici dell'illuminazione stradale, sono state emanate di recente linee guida per la dismissione di impianti [13].

La terza conclusione è che il fattore principale nel determinare il rischio è legato al concetto di visibilità, in relazione a fenomeni fisiologici e cognitivi condizionati principalmente dal contrasto. In particolare fattori quali il *glare*, o abbagliamento, sono elementi che aggravano il rischio.

La quarta conclusione è che in realtà si conosce ancora poco dei fattori umani che determinano il rischio in condizioni di guida notturna. Conseguentemente, le raccomandazioni e le norme relative agli impianti di illuminazione non hanno un solido fondamento e le potenze raccomandate non sono giustificate. Negli USA le norme IESNA hanno introdotto il concetto di visibilità e contrasto, ma ancora in maniera non soddisfacente. C'è probabilmente spazio per elaborare strategie di illuminazione ispirate a fattori umani che possano coniugare sicurezza e risparmio di energia oltre quanto ipotizzabile in questo momento.

Alcuni riferimenti circa i concetti esposti e per l'approfondimento

1. Elvik R., 1995. Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure. *Transportation Research Record*, 1485: 112-123.
2. Johansson O., Wanvik P.O., Elvik R., 2009. A new method for assessing the risk of accident associated with darkness. *Accident Analysis and Prevention*, 41 (4): 809-815.
3. Vincent T., 1983. Streetlighting and accidents. Paper 17. In: *Traffic accident evaluation* (D. C. Andreassend and P. G. Gipps, eds.). Ezzo-Monash Civil Engineering Workshop, Normanby House, Monash University, February 15 to 17, 1983. Department of Civil Engineering, Monash University, Australia.
4. Marchant P., 2010. What is the contribution of street lighting to keeping us safe? An investigation into a policy. *Radical Statistics*, 102.
5. Direction Interdépartementale des Routes Nord (Ministère des Transports de l'Équipement du Tourisme et de la Mer, République Française), 2007. Etude de sécurité comparative sur les autoroutes de rase campagne du Nord-Pas de Calais, avec ou sans éclairage. http://astrosurf.com/anpcn/documents/A16_rapport_complet.pdf
6. Box P.C., 1970. Relationship between illumination and freeway accidents. IERI Project 85-67. Illuminating Research Institute, New York, April, 1-83.
7. Box P.C., 1972. Comparison of accidents and illumination. *Highway Research Record*, 416: 1-9.
8. Monsere C., Fischer E., 2008. Safety effects of reducing freeway illumination for energy conservation. *Accident Analysis and Prevention*, 40 (5): 1773-1780.
9. Valent F., Schiava F., Savonitto C., Gallo T., Brusaferrero S., Barbone F., 2002. Risk factors for fatal road traffic accidents in Udine, Italy. *Accident Analysis and Prevention*, 34: 71-84.
10. Van Bommel J.M., Tekelenburg J., 1986. Visibility research for road lighting based on a dynamic situation. *Lighting Research and Technology*, 18: 37-39.
11. Green B.L., Senadheera S., Culvici O., Gransberg D., Steprock R., Burkett K., 2001. Evaluation of roadway lighting systems designed by small target visibility methods. Project summary report 1704-S, Texas Tech University Center For Multidisciplinary Research In Transportation.
12. Assum T., Bjørnskau T., Fosser S., Sagberg F., 1999. Risk compensation – the case of road lighting. *Accident Analysis and Prevention*, 31: 545-553.
13. Interim Advice Note 167/12, Guidance for the Removal of Road Lighting, July 2012. <http://www.dft.gov.uk/ha/standards/ians/pdfs/ian167.pdf>
14. Adrian W., 1987. Visibility levels under night-time driving conditions. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 16: 3-12.
15. Adrian W., 1989. Visibility of targets: model for calculation. *Lighting Research and Technology*, 21: 181-188.
16. Adrian W., 2004. Fundamentals of roadway lighting. *Light and Engineering*, 12: 57-71.
17. Mace D.J., Porter R.J., 2004. Fixed roadway lighting: the effect of lighting geometry and photometry on target visibility and driver comfort. Proceedings of the 83rd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington.
18. Andre J.T., Owens, D.A., 2001. The twilight envelope: a user-centered approach to describing roadway illumination at night. *Human Factors*, 43: 620-630.