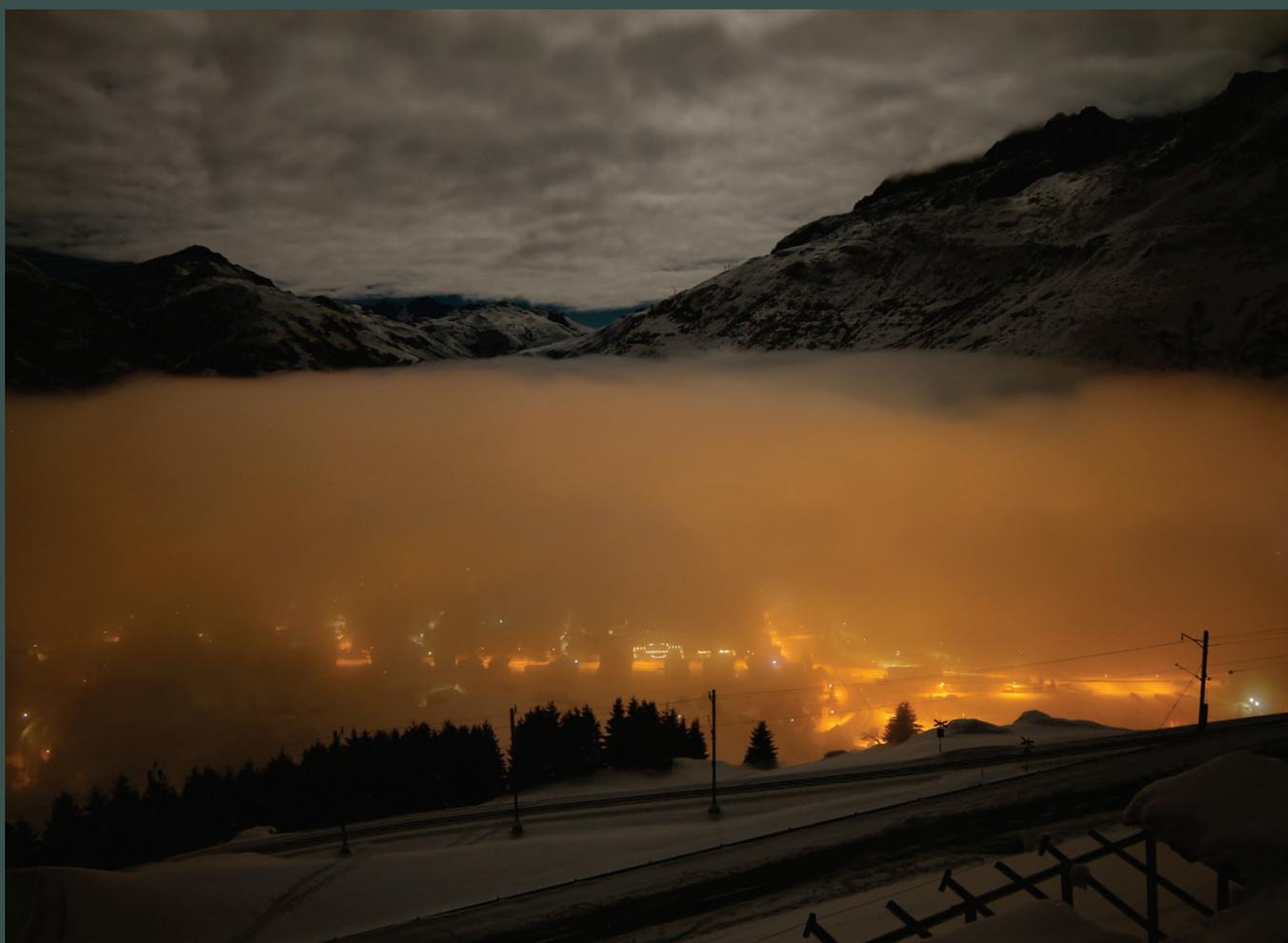


# Raccomandazioni per la prevenzione delle emissioni luminose

Stato 2021



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

# **Raccomandazioni per la prevenzione delle emissioni luminose**

Stato 2021

# Nota editoriale

## Valenza giuridica

La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza. Destinata in primo luogo alle autorità esecutive, essa concretizza le prescrizioni del diritto federale in materia ambientale in merito a concetti giuridici indeterminati e alla portata e all'esercizio della discrezionalità, nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni siano conformi al diritto federale. Sono ammesse soluzioni alternative, purché conformi al diritto vigente.

## Editore

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

## Autori

Alexander Reichenbach (Divisione Rumore e RNI, UFAM), Danielle Breitenbücher (Divisione giuridica, UFAM), Danielle Hofmann (Divisione Biodiversità e paesaggio, UFAM), Jürg Minger (Federas Beratung AG), Dott.ssa Jennifer Vonlanthen (Divisione giuridica, UFAM)

*Con la precedente collaborazione di:*

Dott. Jürg Baumann (Divisione Rumore e RNI, UFAM), Dott.ssa Saskia Bourgeois (Divisione Rumore e RNI, UFAM), Christopher Gerpe (Divisione Biodiversità e paesaggio, UFAM), Julius Nötzli (Divisione giuridica, UFAM), Benedict Wyss-Käppeli (Divisione Rumore e RNI, UFAM)

## Accompagnamento

*Direzione*

Urs Walker, Divisione Rumore e RNI, UFAM

*Uffici federali*

Hans-Jörg Birrer (fino al 2020), Maximilian Schubiger (Ufficio federale dello sport UFSPO), Dott. Kurt Bisang (Ufficio federale dell'energia UFE), Dott. Peter Blattner (Istituto federale di metrologia METAS), Siegfried Burkhalter (Ufficio federale delle

costruzioni e della logistica UFCL, rappresentante della Conferenza di coordinamento degli organi della costruzione e degli immobili dei committenti pubblici KBOB)

*Cantoni*

Stephan Breuer (Tiefbauamt des Kantons Bern, rappresentante della Conferenza degli ingegneri cantonali CIC), Dott.ssa Odile Bruggisser (Amt für Raumplanung Kanton Solothurn, rappresentante della Conferenza dei delegati della protezione della natura e del paesaggio CDPNP), Valentin Delb (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Cantone di Zurigo), Marcel Mössner (Lufthygieneamt beider Basel)

**Città e Comuni**

Daniel Lehmann Pollheimer (Associazione svizzera Infrastrutture comunali ASIC)

**Indicazione bibliografica**

UFAM (ed.) 2021: Raccomandazioni per la prevenzione delle emissioni luminose. 1a edizione aggiornata 2021. Prima edizione 2005. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 2117: 168 pagg.

**Grafica e impaginazione**

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

**Foto di copertina**

Monitoraggio luminoso ad Andermatt: foto notturna in autoscatto di Andermatt, 14 novembre 2016, ore 3 @ Amt für Umweltschutz Uri / iNET Monitoring AG

**Download PDF**

[www.bafu.admin.ch/uv-2117-i](http://www.bafu.admin.ch/uv-2117-i)

La versione cartacea non può essere ordinate.

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e in francese. La lingua originale è il tedesco.

Prima edizione aggiornata 2021. Prima edizione 2005

© UFAM 2021

# Accesso rapido: dove è trattato cosa nell'aiuto all'esecuzione emissioni luminose?

Cosa?	Dove? (I rimandi incrociati sono cliccabili)
<b>Situazione iniziale:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• fonti luminose di notte</li><li>• emissioni luminose di giorno</li><li>• cosa sono le emissioni e le immissioni?</li><li>• conflitti di obiettivi e sinergie:<ul style="list-style-type: none"><li>• sport, turismo; pubblicità luminosa</li><li>• sicurezza (tra l'altro sicurezza della circolazione, criminalità, sensazione di sicurezza soggettiva)</li></ul></li><li>• diodi a emissioni luminose (LED)</li><li>• efficienza energetica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Cap. 1.2, tab. 1</li><li>→ Cap. 1.2, tab. 1</li><li>→ Cap. 1.3, fig. 1</li><li>→ Allegato A2</li><li>→ A2.1, A2.2</li><li>→ A2.3</li><li>→ A2.4</li><li>→ A2.5</li></ul>
<b>Effetti delle emissioni luminose su:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• essere umano</li><li>• natura (animali, piante, biotopi)</li><li>• paesaggio notturno</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ A1.1</li><li>→ A1.2</li><li>→ A1.3</li></ul>
<b>Aspetti giuridici ed esecuzione:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• panoramica delle disposizioni di diritto federale</li><li>• spiegazioni giuridiche dettagliate</li><li>• norme (svizzere ed estere)</li><li>• impianti di illuminazione soggetti ad autorizzazione</li><li>• impianti di illuminazione esenti da autorizzazione</li><li>• gestione dei reclami</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ A3.2</li><li>→ A3</li><li>→ A3.4</li><li>→ Cap. 7.3</li><li>→ Cap. 7.4</li><li>→ Cap. 7.6</li></ul>
<b>Limitazione delle emissioni luminose di notte:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose</li><li>• spiegazioni relative al piano in sette punti (misure di base)</li><li>• valutazione della rilevanza delle emissioni luminose di un impianto e della proporzionalità delle misure precauzionali (matrice della rilevanza)</li><li>• pianificazione dell'illuminazione (piani di illuminazione)</li><li>• misure specifiche per:<ul style="list-style-type: none"><li>• illuminazione stradale</li><li>• illuminazione delle stazioni</li><li>• infrastrutture sportive</li><li>• impianti industriali e artigianali, cantieri e postazioni di lavoro all'aperto</li><li>• segnalazione luminosa di ostacoli alla navigazione aerea</li><li>• spazi pubblici e piazze</li><li>• edifici e impianti pubblici</li><li>• pubblicità luminosa</li><li>• edifici e impianti privati, illuminazione natalizia</li><li>• illuminazione nell'ambiente naturale</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Cap 3, fig. 2</li><li>→ Cap. 3.3</li><li>→ Cap. 4, fig. 3</li><li>→ A4</li><li>→ A5.1</li><li>→ A5.2</li><li>→ A5.3</li><li>→ A5.4</li><li>→ A5.5</li><li>→ A5.6</li><li>→ A5.7</li><li>→ A5.8</li><li>→ A5.9</li><li>→ A5.10</li></ul>
<b>Valutazione dell'effetto di disturbo delle immissioni luminose sulle persone (valori indicativi):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• sensibilità dell'ambiente (zone periferiche)</li><li>• valori indicativi per la valutazione dell'illuminazione degli spazi abitativi</li><li>• valori indicativi per la valutazione dell'abbagliamento molesto notturno</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Cap. 5</li><li>→ Cap. 4.4, tab. 4</li><li>→ Cap. 5.2</li><li>→ Cap. 5.3</li></ul>
<b>Limitazione delle emissioni luminose di giorno:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• riflessione della luce solare su superfici artificiali</li><li>• effetti di luce provocati dai rotori di impianti a energia eolica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>→ Cap. 6</li><li>→ Cap. 6.1</li><li>→ Cap. 6.2</li></ul>
<b>Glossario:</b> termini tecnici	→ A7

# Indice

## **Abstracts** **7**

## **Prefazione** **8**

### **1 Introduzione: la luce artificiale nell'ambiente** **9**

- 1.1 Situazione iniziale 9
- 1.2 Fonti luminose 10
- 1.3 Propagazione della luce 11
- 1.4 Basi legali 13

### **2 Obiettivo e applicazione dell'aiuto all'esecuzione** **14**

- 2.1 Scopo 14
- 2.2 Destinatari 14
- 2.3 Campo di applicazione 15
- 2.4 Impianti ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente 15

### **3 Raccomandazioni per limitare le emissioni luminose notturne** **17**

- 3.1 Principi (piano in 7 punti) 17
- 3.2 Applicabilità dei principi (piano in 7 punti) 19
- 3.3 Indicazioni per l'attuazione 19

### **4 Valutazione della rilevanza delle emissioni luminose di un impianto e della proporzionalità delle misure precauzionali** **25**

- 4.1 Criteri 25
- 4.2 Matrice della rilevanza 25
- 4.3 Emissione luminosa nello spazio esterno 26
- 4.4 Sensibilità dell'ambiente circostante 28
- 4.5 Proporzionalità delle misure precauzionali 30

### **5 Raccomandazioni per la valutazione dell'effetto di disturbo delle immissioni luminose sull'uomo (valutazione caso per caso mediante valori indicativi)** **31**

- 5.1 In generale 31
- 5.2 Valori indicativi per l'illuminazione di spazi abitativi 32
- 5.3 Valori indicativi per l'abbagliamento molesto notturno 36

- 5.4 Applicazione dei valori indicativi e potere discrezionale nella valutazione dell'effetto di disturbo nel singolo caso 40

### **6 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni luminose diurne** **41**

- 6.1 Riflessione della luce solare 41
- 6.2 Effetti luminosi causati da impianti eolici 47

### **7 Procedura** **50**

- 7.1 Regolamentazione delle competenze 50
- 7.2 Piano direttore e di utilizzazione 50
- 7.3 Procedura di autorizzazione 51
- 7.4 Impianti di illuminazione non soggetti ad autorizzazione 55
- 7.5 Legittimazione dei residenti a opporsi e ricorrere 55
- 7.6 Procedura in caso di reclami e controlli d'ufficio 56

### **Allegato** **58**

#### **A1 Effetti delle emissioni luminose** **58**

- A1.1 Effetti sull'uomo 58
- A1.2 Effetti sulla natura 59
- A1.3 Effetti sul paesaggio notturno 70

#### **A2 Conflitti di obiettivi e sinergie** **72**

- A2.1 Sport e turismo 72
- A2.2 Pubblicità luminosa 73
- A2.3 Sicurezza 74
- A2.4 Diodi a emissioni luminose (LED) nell'illuminazione esterna 79
- A2.5 Efficienza energetica mediante illuminazione stradale a comando intelligente 82

#### **A3 Quadro legale** **85**

- A3.1 In generale 85
- A3.2 Basi legali della Confederazione 85
- A3.3 Regolamentazioni cantonali e comunali 90
- A3.4 Norme e raccomandazioni 91

<b>A4</b>	<b>Pianificazione dell'illuminazione su vasta</b>	
	<b><u>scala e piani</u></b>	<b>98</b>
A4.1	In generale	98
A4.2	Piani d'illuminazione	99
<b>A5</b>	<b>Misure specifiche per situazioni e impianti</b>	
	<b><u>d'illuminazione diversi</u></b>	<b>107</b>
A5.1	Infrastruttura stradale (illuminazione stradale)	107
A5.2	Altre infrastrutture di trasporto (stazioni, fermate ecc.)	117
A5.3	Infrastrutture sportive	119
A5.4	Impianti industriali e artigianali, cantieri e postazioni di lavoro all'aperto	125
A5.5	Segnalazione luminosa di ostacoli alla navigazione aerea	127
A5.6	Spazi pubblici e piazze	129
A5.7	Edifici pubblici e oggetti	132
A5.8	Pubblicità luminosa	137
A5.9	Edifici e impianti privati, illuminazioni natalizie	142
A5.10	Illuminazione nell'ambiente naturale	148
<b>A6</b>	<b>Indicazioni sui valori indicativi per la</b>	
	<b><u>valutazione degli effetti di disturbo sull'uomo</u></b>	<b>153</b>
A6.1	Indicazioni supplementari per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi durante il periodo di riposo notturno (dalle ore 22 alle ore 6)	153
A6.2	Indicazioni supplementari per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi al di fuori del periodo di riposo notturno	154
A6.3	Indicazioni supplementari per la valutazione dell'abbagliamento molesto	154
<b>A7</b>	<b>Glossario</b>	<b>157</b>
<b>A8</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>160</b>
	<b><u>Crediti fotografici</u></b>	<b>170</b>

---

# Abstracts

Artificial light emissions in Switzerland have more than doubled over the last 25 years, as areas with natural night skies continue to shrink. This can lead to habitat loss for nocturnal animals, which in turn limits their areas of activity and reduces their food supply. People too are experiencing increasing disruption to their well-being, which has even resulted in cases being brought before the Federal Supreme Court. These guidelines are intended to help limit light emissions in accordance with legislation such as the Environmental Protection Act (EPA) and the Nature and Cultural Heritage Act (NCHA). To this end, they should enable those involved in the planning, evaluation, approval and operation of lighting to take the measures required to avoid or minimise light emissions.

**Keywords:**

*Light pollution,  
lighting, limitation of  
light emissions*

Negli ultimi 25 anni, in Svizzera, le emissioni di luce artificiale sono più che raddoppiate. Il paesaggio notturno naturalmente buio viene confinato in aree sempre più ridotte. Di conseguenza, lo spazio vitale di animali notturni può essere frammentato, il loro raggio d'azione limitato e l'offerta di cibo ridotta. Il benessere delle persone è sempre più perturbato, dando origine a cause che finiscono davanti al Tribunale federale. Il presente aiuto all'esecuzione ha lo scopo di aiutare a limitare le emissioni luminose ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), della legge sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN) e di altri atti normativi. A tal fine, deve consentire agli attori coinvolti nella pianificazione, nella valutazione, nell'autorizzazione o nell'esercizio di impianti di illuminazione di adottare le misure necessarie per prevenire o ridurre le emissioni luminose.

**Parole chiave:**

*inquinamento  
luminoso, impianti  
d'illuminazione,  
limitazione delle  
emissioni luminose*

Künstliche Lichtemissionen haben sich in der Schweiz in den letzten 25 Jahren mehr als verdoppelt. Die natürlich dunkle Nachtlandschaft wird auf immer kleinere Bereiche zurückgedrängt. Der Lebensraum von nachtaktiven Tieren kann zerschnitten, ihr Aktionsradius eingeschränkt und das Nahrungsangebot reduziert werden. Menschen werden zunehmend in ihrem Wohlbefinden gestört, was bis zu Klagen vor Bundesgericht führt. Die vorliegende Vollzugshilfe soll dazu beitragen, Lichtemissionen im Sinne des Umweltschutzgesetzes (USG), des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) und weiterer Erlasse zu begrenzen. Zu diesem Zweck soll sie die in die Planung, die Beurteilung, die Bewilligung oder den Betrieb von Beleuchtungen involvierten Akteure befähigen, die notwendigen Massnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Lichtemissionen zu treffen.

**Stichwörter:**

*Lichtverschmutzung,  
Beleuchtungen,  
Begrenzung  
Lichtemissionen*

Les émissions lumineuses artificielles en Suisse ont plus que doublé au cours des 25 dernières années. Le paysage nocturne naturel est relégué à des espaces toujours plus restreints. Il en résulte que le milieu naturel des animaux nocturnes peut se trouver morcelé, réduisant leur rayon d'action et l'offre de nourriture. Le bien-être de l'être humain en souffre également dans une mesure croissante, ce qui a mené à des actions en justice jusque devant le Tribunal fédéral. La présente aide à l'exécution doit contribuer à limiter les émissions lumineuses dans l'esprit de la loi sur la protection de l'environnement (LPE), de la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN) et d'autres actes législatifs. Elle doit permettre aux différentes personnes participant à la planification, à l'évaluation, à l'octroi d'autorisations et à l'exploitation d'installations lumineuses de prendre les mesures qui s'imposent afin d'éviter ou de réduire ces émissions.

**Mots-clés:**

*Pollution lumineuse,  
éclairages, limitation  
des émissions  
lumineuses*

---

# Prefazione

L'invenzione della luce elettrica ha permesso di lavorare e di svolgere attività ricreative a ogni ora del giorno e della notte. Oltre all'area urbana, la società delle 24 ore ha nel frattempo invaso anche le aree rurali, andando inevitabilmente a causare un aumento delle emissioni luminose. Tuttavia, troppa luce nel luogo e al momento sbagliato perturba il benessere delle persone, nuoce agli animali notturni, modifica il paesaggio notturno naturalmente buio e rende più difficile l'osservazione del cielo stellato.

Il nostro ufficio ha pubblicato per la prima volta le «Raccomandazioni per la prevenzione delle emissioni luminose» nel 2005. Da allora, nella tecnica dell'illuminazione si sono imposti i diodi a emissioni luminose (LED) e sono stati ulteriormente sviluppati i sensori per il rilevamento di persone e le possibilità di regolazione elettronica. Queste tecnologie consentono di sfruttare la luce in modo più mirato e conforme alle esigenze rispetto a quanto avveniva in precedenza. Possono quindi contribuire a ridurre le emissioni luminose indesiderate e a risparmiare energia.

Considerata l'elevata efficienza energetica dei LED, occorre tuttavia prestare attenzione ad evitare un ulteriore ampliamento dell'illuminazione, contraddicendo in tal modo il principio della riduzione delle emissioni. Inoltre, la loro luce presenta uno spettro diverso da quello dei corpi luminosi tradizionali, con conseguenti vantaggi: in questa luce l'essere umano è in grado di distinguere meglio i colori. Lo spettro più ampio può tuttavia anche comportare degli svantaggi: a causa della maggiore presenza di blu, è più facile che si verifichi un disturbo dell'orologio interno e quindi del naturale ritmo giorno-notte delle persone e degli animali rispetto a quanto avviene in presenza di corpi luminosi con uno spettro più ristretto. Anche per quanto riguarda l'attrazione esercitata dalla luce artificiale sugli insetti, la sua composizione spettrale svolge un ruolo importante.

Come tutte le nuove possibilità tecnologiche, anche le innovazioni nell'ambito della tecnologia dell'illuminazione non comportano automaticamente una riduzione degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. In questo contesto entra in gioco l'aiuto all'esecuzione. La sua parte principale contiene raccomandazioni e strumenti, come il piano in sette punti e la matrice della rilevanza, per l'adozione di misure di limitazione delle emissioni luminose. Esso raccomanda inoltre valori indicativi per valutare l'effetto di disturbo sulle persone e fornisce indicazioni sul modo di procedere per verificare se gli impianti di illuminazione rispettano le prescrizioni del diritto ambientale. Tuttavia, poiché le emissioni luminose possono essere ridotte solo se le misure vengono attuate anche a livello pratico, nell'allegato all'aiuto all'esecuzione sono riportati esempi concreti di diverse situazioni e impianti d'illuminazione, nonché indicazioni sul possibile modo di procedere nell'elaborazione di piani di illuminazione.

L'interazione appropriata tra illuminazione e oscurità è un campo complesso. Devono essere considerati molti aspetti ed è necessaria la collaborazione dei più svariati attori. Con il presente aiuto all'esecuzione ci auguriamo di fornire un contributo utile all'impiego della luce nel luogo giusto, al momento giusto, con la giusta intensità e con lo spettro adeguato e che, viceversa, in tal modo anche l'oscurità notturna possa nuovamente diffondersi, che gli animali notturni possano riappropriarsi del loro spazio vitale e che anche le persone possano tornare a godersi più intensamente il paesaggio notturno e il cielo stellato o dormire un po' più profondamente.

Paul Steffen, direttore supplente  
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

---

# 1 Introduzione: la luce artificiale nell'ambiente

## 1.1 Situazione iniziale

Le persone si sentono sempre più molestate dalle immissioni luminose, sia di notte dalle illuminazioni esterne, sia di giorno dalla luce solare riflessa dalle superfici artificiali come le facciate in vetro o gli impianti fotovoltaici. Ciò ha portato a promuovere cause sino al Tribunale federale. Negli ultimi anni le nuove tecnologie d'illuminazione con un'intensità luminosa maggiore e i costi sempre minori per l'illuminazione hanno intensificato la problematica. Negli ultimi 25 anni le emissioni luminose rivolte verso l'alto e riflesse sono quindi più che raddoppiate in Svizzera (cfr. all. A1.3).

La penetrazione della luce artificiale nel nostro ambiente vitale è comunemente denominata anche «inquinamento luminoso». Questa espressione si manifesta visivamente quando la luce delle città, degli agglomerati, degli edifici e degli impianti è riflessa dalle gocce d'acqua in presenza di foschia, nebbia o di una coltre nuvolosa bassa e si forma un'ampia «cupola luminosa». Alcuni studi hanno indicato che queste «cupole luminose» possono disturbare l'orientamento degli uccelli migratori che si spostano di notte e deviarli dalla loro rotta. Ma anche le sorgenti luminose locali possono nuocere agli animali notturni, frammentandone lo spazio vitale, limitandone il raggio d'azione e riducendo conseguentemente l'offerta di cibo.

Anche il buio naturale costituisce un elemento importante della qualità del paesaggio. Ad esempio, la luna e le stelle al buio trasmettono alle persone impressioni del paesaggio diverse rispetto a quelle trasmesse dalla luce diurna o dall'illuminazione artificiale. L'incremento delle emissioni luminose relega tuttavia il naturale paesaggio notturno buio in aree sempre più piccole, e nel cielo notturno solo una piccola parte delle stelle potenzialmente osservabili è ancora visibile.

Oltre alle decisioni giudiziarie in materia ambientale, negli ultimi anni sono state pubblicate anche nuove norme sull'illuminazione degli spazi esterni. Inoltre, numerosi sviluppi correnti nell'ambito dell'illuminotecnica consentono, grazie alla tecnologia intelligente, una regolazione ottimale della luce in base alle necessità. L'aiuto all'esecuzione intende tenere conto di questa nuova situazione iniziale, anche se l'ulteriore sviluppo della tecnologia d'illuminazione e gli effetti sull'uomo e sulla natura non possono ancora essere valutati in modo completo. L'aiuto all'esecuzione vuole contribuire a ridurre l'inquinamento luminoso e a promuovere l'oscurità notturna per il bene dell'uomo e della natura.

## 1.2 Fonti luminose

L'invenzione della luce elettrica ha permesso in un primo tempo di lavorare e successivamente anche di svolgere attività ricreative a ogni ora del giorno e della notte e quasi ovunque. Questa invenzione ha portato a una graduale estensione dell'illuminazione nelle città e lungo le vie di comunicazione. Ciò ha permesso un migliore orientamento negli spazi esterni, ha accresciuto la sicurezza della circolazione in maniera puntuale e ha migliorato, in particolare, il senso di sicurezza durante la notte. Nel corso del tempo si è aggiunta l'illuminazione volta a pubblicizzare determinate installazioni e beni di consumo o a mettere in evidenza in maniera creativa o con effetti artistici (di luce) piazze ed edifici pubblici durante la notte.

La tabella 1 contiene una panoramica delle fonti di luce artificiale presenti nell'ambiente durante la notte. Le misure che possono essere adottate per ridurre le emissioni luminose superflue sono illustrate nei capitoli a cui si rinvia nella tabella.

Per effetto potenzialmente dannoso o molesto nel campo d'applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente s'intende, oltre all'illuminazione artificiale notturna, anche la luce solare che viene modificata dalla costruzione o dall'esercizio di impianti. Si pensi ad esempio alla riflessione della luce solare su facciate, vetrate o impianti solari. Queste fonti diurne sono elencate nella tabella 2.

**Tabella 1**

### Fonti di luce artificiale nell'ambiente durante la notte

Categorie di illuminazione ed esempi	Ulteriori indicazioni
Illuminazione delle infrastrutture stradali; tra cui si annoverano ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• strade, aree con percorso rotatorio obbligato, sentieri, passaggi pedonali</li> <li>• zone pedonali, strade pedonali e vie ciclabili</li> <li>• parcheggi, autosili</li> <li>• segnaletica (cartelli segnaletici, messaggi variabili, sistemi di gestione del traffico ecc.)</li> </ul>	All. A5.1 Sicurezza stradale: all. A2.3.2  La segnaletica non è oggetto del presente aiuto all'esecuzione
Illuminazione di altre infrastrutture di trasporto, ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• stazioni, fermate</li> <li>• aeroporti, aerodromi</li> </ul>	All. A5.2
Illuminazione di infrastrutture sportive: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nell'abitato: ad es. campi d'allenamento e stadi di calcio e atletica leggera, campi da tennis, piscine all'aperto ecc.</li> <li>• al di fuori dell'abitato: ad es. piste da sci, da slitta e da sci di fondo, percorsi per praticare jogging nel bosco, percorsi di kayak, maneggi all'esterno ecc.</li> </ul>	All. A5.3 All. A5.3.2  All. A5.3.3
Illuminazione per l'industria e l'artigianato (postazioni di lavoro all'aperto); ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• aree industriali e artigianali come scalo merci ferroviario, impianti di smistamento, infrastrutture di carico, rampe, magazzini, impianti di illuminazione per proiezione, ad es. per il commercio di automobili ecc.</li> <li>• edifici industriali e artigianali come centri commerciali, centri logistici, stazioni di servizio, impianti di lavaggio automatico, negozi aperti 24 ore su 24 ecc.</li> <li>• edifici industriali o per uffici a uso notturno (incl. la luce che esce dall'interno dell'edificio)</li> <li>• serre</li> <li>• ospedali</li> <li>• cantieri notturni (incl. macchine edili)</li> </ul>	All. A5.4
Illuminazione di edifici e impianti pubblici; ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• edifici storici, monumenti, chiese (illuminazione di facciate)</li> <li>• edifici amministrativi, scuole ecc.</li> <li>• piazze pubbliche, zone di incontro</li> <li>• parchi urbani</li> </ul>	All. A5.7 All. A5.7.3 All. A5.7.4 All. A5.6

Categorie di illuminazione ed esempi	Ulteriori indicazioni
Illuminazione di pubblicità e di eventi, ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• illuminazione pubblicitaria: insegne aziendali, pubblicità luminosa, vetrine</li> <li>• «skybeamer» o fanali (forti proiettori che emettono luce nel cielo notturno soprattutto a fini pubblicitari)</li> <li>• installazioni luminose a scopo artistico</li> <li>• facciate pubblicitarie o schermi (permanenti)</li> </ul>	All. A5.8
Illuminazione di edifici e impianti privati; ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• grattacieli e altri edifici con grandi vetrate, vani scala vetrate, ecc. (luce che esce dall'interno dell'edificio)</li> <li>• illuminazione esterna (funzionale)</li> <li>• illuminazione artistica e ornamentale (in giardino, illuminazione di facciate e di oggetti, luci ornamentali all'aperto ecc.)</li> <li>• illuminazioni natalizie</li> </ul>	All. A5.9 All. A5.9.2
Regolamentazione dell'illuminazione nell'ambiente naturale / di elementi naturali, ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cime delle montagne</li> <li>• rive, stagni, cascate</li> <li>• alberi, cespugli</li> </ul>	All. A5.10

Tabella 2

#### Fonti di emissioni luminose artificiali diurne

Categorie ed esempi	Ulteriori indicazioni
Riflessione della luce solare su superfici artificiali come ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• facciate in vetro</li> <li>• rivestimenti metallici</li> <li>• vetri</li> <li>• impianti fotovoltaici</li> <li>• collettori solari</li> </ul>	Cap. 6.1
Modifica dell'effetto solare naturale causata dall'esercizio di impianti come ad es.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• proiezione periodica dell'ombra o «sfarfallamento» artificiale causato dai rotori di impianti eolici</li> </ul>	Cap. 6.2

## 1.3 Propagazione della luce

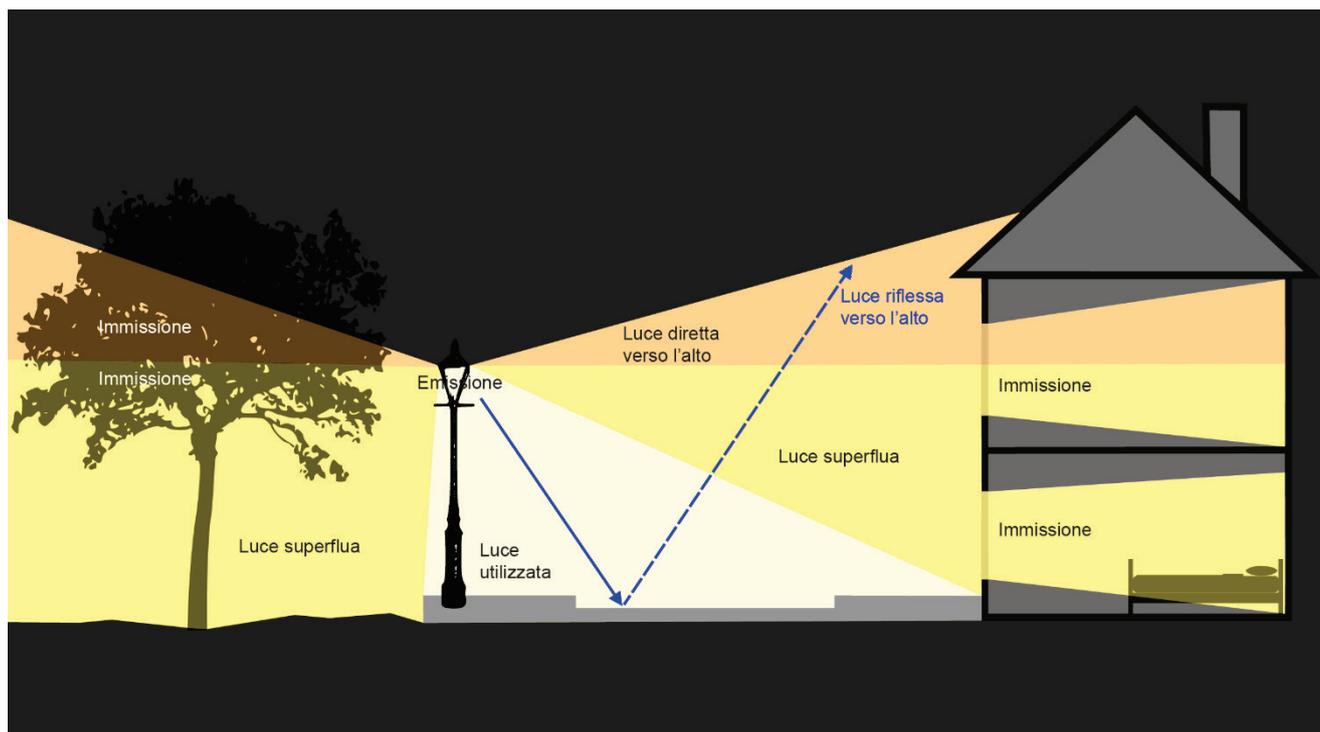
Nell'ambito della protezione dell'ambiente si distingue tra emissioni e immissioni (cfr. fig. 1):

- Con *emissione* s'intende tutta la luce emessa da una fonte (ad es. da un'illuminazione stradale). Idealmente questa luce è interamente funzionale allo scopo di illuminazione previsto.
- Le *immissioni*, invece, indicano la luce che giunge in un determinato luogo (ad es. in un'abitazione o su un albero); può provenire da una o più fonti. Durante il percorso dalla fonte al luogo d'azione, la luce può essere attenuata o completamente schermata da ostacoli.

A seconda della struttura del lampione, in pratica una parte delle emissioni va spesso direttamente nel cielo o accanto alle superfici da illuminare. Questa quota è denominata emissione superflua e deve essere per quanto possibile evitata.

**Figura 1****Raffigurazione esemplificativa di una situazione di illuminazione.**

La luce utilizzata per lo scopo previsto è indicata in giallo chiaro. La luce che va oltre le superfici da illuminare è indicata in giallo scuro e arancione. Queste porzioni di luce sono indesiderate e devono possibilmente essere evitate (ad es. scegliendo un lampione adeguato).



La luce ha una portata diversa a seconda della sua direzione e intensità:

- *propagazione sovregionale*: la luce emessa senza schermatura verso l'alto giunge indisturbata nel cielo notturno, cambia ampiamente il paesaggio notturno ed è addirittura visibile dallo spazio, come mostrano le immagini satellitari (cfr. all. A1.3);
- *propagazione regionale*: la luce emessa o riflessa verso l'alto forma, soprattutto in caso di nebbia, una cosiddetta «cupola luminosa» su città o agglomerati. Questa illuminazione percepibile a livello regionale può attrarre gli uccelli migratori e deviarli dalla loro rotta (cfr. all. A1.2.2);
- *propagazione locale*: per il disturbo umano sono di regola determinanti le immissioni locali, ad esempio la luce che entra direttamente in un alloggio (cfr. all. A1.1). Persino un'illuminazione notturna su piccola scala può influire anche su flora e fauna. Ad esempio, gli insetti sono attratti già da singole lampade (cfr. all. A1.2.2).

Per gli effetti dell'illuminazione artificiale sull'ambiente e sull'uomo sono rilevanti, oltre alla sua intensità, anche la sua composizione spettrale (ad es. componenti ultraviolette o blu), il momento (ora del giorno, stagione), la durata, la periodicità delle fonti di luce variabili e la direzione dell'illuminazione. Infine, svolgono un ruolo importante anche le caratteristiche dell'ambiente in cui si verificano le immissioni.

In tal senso, nella presente pubblicazione, con «inquinamento luminoso» s'intende la luce che dal punto di vista dello spazio, del tempo o dell'intensità va oltre la mera funzione d'illuminazione oppure che, a causa della sua composizione spettrale, ha effetti negativi.

---

## 1.4 Basi legali

Le emissioni luminose causate dalla costruzione e dall'esercizio di impianti nell'ambiente rientrano nel campo d'applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente (*LPAmb*; *RS 814.01*). Questa legge protegge l'uomo, la fauna e la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi dagli effetti dannosi e molesti (art. 1 cpv. 1 *LPAmb*). Gli impianti d'illuminazione fissi e mobili devono pertanto rispettare il principio della limitazione preventiva delle emissioni e non devono provocare effetti dannosi o molesti (cfr. all. A3.2.1). A questo proposito la *LPAmb* non è stata ulteriormente precisata a livello di ordinanza.

Se sono interessati ambienti naturali o spazi vitali degni di protezione di specie animali fotosensibili, devono essere rispettate anche le prescrizioni della legge sulla protezione della natura e del paesaggio (*LPN*; *RS 451*), della legge sulla caccia (*LCP*; *RS 922.0*) o della legge federale sulla pesca (*LFSP*; *RS 923.0*) (cfr. all. A3.2.2).

Se le emissioni luminose pregiudicano il paesaggio notturno, tali ingerenze devono essere valutate sulla base della *LPN* (cfr. all. A3.2.3).

---

## 2 Obiettivo e applicazione dell'aiuto all'esecuzione

### 2.1 Scopo

Il presente aiuto all'esecuzione intende contribuire a limitare le emissioni luminose ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), della legge sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN) e di altri atti normativi. A tal fine deve mettere gli attori coinvolti nella pianificazione, nella valutazione, nell'autorizzazione o nell'esercizio delle illuminazioni nelle condizioni di adottare le misure necessarie per evitare o ridurre le emissioni luminose.(cfr. cap.3 e all. A5). L'aiuto all'esecuzione concretizza quindi il principio di prevenzione sancito nella LPAmb secondo cui, indipendentemente dal carico inquinante esistente, le emissioni luminose devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche (art. 11 cpv. 2 LPAmb; cfr. all. A3.2.1).

Inoltre, l'aiuto all'esecuzione deve poter essere utilizzato per valutare in un caso concreto se le emissioni luminose che giungono in un'abitazione dall'esterno (da fonti luminose nell'ambiente) sono moleste per le persone ai sensi della LPAmb (art. 11 cpv. 3 LPAmb; cfr. cap. 5).

Infine, l'aiuto all'esecuzione intende sensibilizzare sul tema illustrando i retroscena (cfr. all. A2 e A3) e gli effetti sull'uomo e sull'ambiente (cfr. all. A1).

### 2.2 Destinatari

L'aiuto all'esecuzione è destinato in primo luogo alle autorità competenti per l'esecuzione del diritto ambientale e quindi anche per la valutazione e l'autorizzazione di impianti d'illuminazione all'aperto.

Indirettamente, l'aiuto all'esecuzione si rivolge quindi anche agli uffici per l'ambiente e agli studi d'ingegneria, ai committenti o ai progettisti illuminotecnici che partecipano alla pianificazione, alla costruzione o all'esercizio di impianti d'illuminazione o che procedono ad accertamenti e documentazioni nell'ambito di procedure di autorizzazione. Questi attori possono desumere dall'aiuto all'esecuzione i punti a cui le autorità prestano attenzione nell'ambito della valutazione e dell'autorizzazione e il modo in cui devono essere documentate le relative domande.

Infine, l'aiuto all'esecuzione è utile anche ai proprietari e ai gestori di impianti d'illuminazione, che in esso trovano informazioni in merito alla configurazione ottimale del loro impianto per non provocare emissioni luminose superflue e soddisfare le prescrizioni del diritto ambientale.

---

## 2.3 Campo di applicazione

Con questo aiuto all'esecuzione non si creano nuove disposizioni giuridiche. I requisiti della LPAmb, della LPN e di altri atti normativi concernenti la limitazione delle emissioni luminose esistevano già in precedenza e continuano ad applicarsi senza variazioni. L'aiuto all'esecuzione concretizza e illustra tali requisiti sulla base di esempi di applicazione pratica.

Si raccomanda di utilizzare il presente aiuto all'esecuzione:

- al momento della costruzione di nuovi impianti di illuminazione;
- in caso di rinnovamento o adeguamento parziale o totale di impianti di illuminazione esistenti;
- nelle procedure di ricorso, in caso di contestazioni; e
- in tutti i casi in cui le autorità intervengono d'ufficio.

La LPAmb esige anche il risanamento di impianti esistenti, se non soddisfano i requisiti di una limitazione preventiva o più severa delle emissioni. Si raccomanda alle autorità di optare per un risanamento considerando il singolo caso e i diversi interessi. In proposito, si deve in particolare tenere conto anche della protezione della buona fede. Se è previsto un risanamento, l'aiuto all'esecuzione può fungere da linea guida.

## 2.4 Impianti ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente

Sono considerati impianti ai sensi della LPAmb le costruzioni, le vie di comunicazione e le altre installazioni fisse, le modificazioni del terreno, nonché gli attrezzi, le macchine, i veicoli, i battelli e gli aeromobili (art. 7 cpv. 7 LPAmb).

Le emissioni luminose rilevanti per l'ambiente possono essere causate da una molteplicità di impianti (cfr. cap. 1.2). La nozione d'impianto della LPAmb è formulata in modo ampio. Essa deve essere applicata in modo flessibile a seconda della problematica e di volta in volta orientata all'obiettivo di una protezione ambientale ottimale. Per la valutazione delle limitazioni delle emissioni deve essere interpretata in modo da essere adeguata in considerazione dell'effetto di disturbo da limitare. A seconda del contesto entrano pertanto in linea di conto le seguenti nozioni d'impianto:

- impianti d'illuminazione: l'impianto comprende soltanto i singoli impianti illuminanti di un'installazione complessiva, ad es. uno o più lampioni;
- impianti con illuminazione integrata: si considera l'impianto nel suo insieme, che comprende tra l'altro anche un impianto di illuminazione;
- i singoli impianti o un relativo impianto complessivo che causano emissioni luminose artificiali diurne.

Nella valutazione di un impianto è importante includere tutte le fonti luminose, comprese eventuali fonti luminose (mobili) supplementari, se queste ultime sono strettamente connesse dal punto di vista spaziale e funzionale. In questo contesto non è determinante se dette installazioni sono collocate in modo duraturo, a quale scopo servono o se costituiscono opere edili circoscritte nello spazio (anche un cinema all'aperto o un maneggio può essere considerato un impianto ai sensi della LPAmb). Tuttavia, si deve considerare il fatto che si può parlare di un impianto solo laddove sono necessarie installazioni edili o tecniche.

---

In concreto queste spiegazioni sulla nozione di impianto significano ad esempio quanto segue:

- spesso l'intero impianto contribuisce all'illuminazione degli spazi abitativi (ad es. tutti i candelabri di un impianto di illuminazione di un campo sportivo). Di conseguenza, si devono valutare assieme tutte le lampade rilevanti (cfr. cap.5.2);
- in caso di abbagliamento molesto può invece essere opportuno considerare singolarmente i diversi lampioni della costruzione o dell'impianto e valutarne l'effetto come singole fonti (cfr. cap. 5.3);
- nel caso di una strada, è possibile che non crei disturbo solo l'illuminazione stradale, ma in circostanze particolari anche il riverbero dei fari dei veicoli che vi circolano. Quest'ultimo caso si verifica quando, a causa di particolari condizioni topografiche, i fari dei veicoli illuminano direttamente l'interno delle abitazioni (ad es. in uscita dal garage sotterraneo o in caso di superamento di una cunetta). Per contro, nel caso di una strada più o meno orizzontale, grazie ai fari dei veicoli leggermente orientati verso il basso, si può presumere che la luce non entri direttamente nelle abitazioni.

Indicazioni in merito all'obbligo di autorizzazione degli impianti sono espone nel capitolo 7.3, mentre quelle in merito alla gestione delle opposizioni nel capitolo 7.6.

---

## 3 Raccomandazioni per limitare le emissioni luminose notturne

### 3.1 Principi (piano in 7 punti)

Secondo l'articolo 11 capoverso 1 della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), le emissioni luminose devono essere limitate in primo luogo mediante misure alla fonte (cfr. all. A3.2.1). Tali misure risultano dai sette principi per limitare le emissioni luminose illustrati qui di seguito (piano in 7 punti, fig. 2). Esse servono in particolare a evitare emissioni luminose che, dal punto di vista dello spazio, del tempo o dell'intensità, vanno oltre la mera funzione d'illuminazione (emissioni superflue) oppure che, a causa della loro composizione spettrale, hanno effetti negativi. In tal modo s'intendono evitare disturbi per l'uomo, la natura o il paesaggio.

Figura 2

Principi per la limitazione delle emissioni luminose (piano in 7 punti).

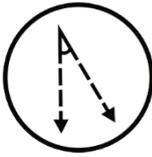
**Principi per la limitazione delle emissioni luminose (piano in 7 punti)**

 **[1] Necessità**  
L'illuminazione serve?  
→ Illuminare solo quanto strettamente necessario.  
→ Cap. 3.3.1

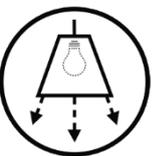
 **[2] Intensità / tonalità**  
Quale tonalità deve avere l'illuminazione?  
→ La tonalità va decisa in base alle esigenze.  
→ Cap. 3.3.2

 **[3] Spettro luminoso / colore della luce**  
Lo spettro luminoso è stato scelto correttamente?  
→ Abbinare lo spettro luminoso allo scopo d'illuminazione e all'ambiente circostante.  
→ Cap. 3.3.3

 **[4] Scelta e posizionamento degli apparecchi**  
Gli apparecchi sono stati scelti correttamente e posizionati adeguatamente?  
→ L'illuminazione deve essere la più precisa possibile, senza radiazioni inutili nell'ambiente circostante.  
→ Cap. 3.3.4

 **[5] Orientamento**  
Gli apparecchi sono orientati in maniera ottimale?  
→ In linea di massima illuminare dall'alto verso il basso.  
→ Orientare con precisione le luci al momento del montaggio.  
→ Cap. 3.3.5

 **[6] Gestione del tempo / impostazione**  
Quando serve l'illuminazione e quale tipo è più indicato?  
L'illuminazione può essere temporaneamente disattivata o ridotta?  
• Con riferimento alle ore diurne o notturne?  
• Con riferimento alla stagione (stagionale)?  
L'illuminazione può essere impostata attivamente (in funzione delle esigenze)?  
→ Se possibile, impostare l'illuminazione in base alle esigenze e spegnerla o ridurla temporaneamente.  
→ Cap. 3.3.6

 **[7] Schermi**  
Occorre applicare degli schermi?  
→ Schermature supplementari in casi problematici specifici.  
→ Cap. 3.3.7

---

## 3.2 Applicabilità dei principi (piano in 7 punti)

Il piano in sette punti è applicabile sia nell'ambito della pianificazione e dell'autorizzazione, sia al momento del collaudo e della verifica durante l'esercizio, nonché per la valutazione delle opposizioni, per tutte le fonti riportate nella tabella 1 (cfr. fig. 2).

Per gli impianti d'illuminazione soggetti ad autorizzazione, i chiarimenti e le misure secondo il piano in sette punti devono essere richiesti dalle autorità competenti sotto forma di documentazione e verificati nell'ambito della procedura di autorizzazione (cfr. cap. 7.3). Tuttavia, si può ricorrere ai sette principi anche nell'ambito del trattamento delle opposizioni (cfr. cap. 7.6).

A seconda della situazione, può essere opportuno trattare i sette punti in un ordine diverso da quello illustrato.

I primi tre o quattro punti e la gestione del tempo d'illuminazione possono già essere trattati nell'ambito di pianificazioni dell'illuminazione su vasta scala (ad es. nell'ambito della realizzazione di piani o strategie d'illuminazione). Indicazioni in proposito sono disponibili nell'allegato A4. Per pianificazioni dell'illuminazione circoscritte (ad es. una piazza pubblica) e per la pianificazione di un singolo impianto di illuminazione sono importanti tutti e sette i punti.

I punti di vista fondamentali in merito a questi sette punti sono illustrati nei capitoli da 3.3.1 a 3.3.7. Nell'allegato A5 il piano in sette punti viene inoltre applicato a situazioni e impianti d'illuminazione determinati con l'indicazione di misure specifiche. L'allegato A5.10 contiene ulteriori indicazioni in merito alla riduzione degli effetti sulle specie fotosensibili e sui loro spazi vitali.

## 3.3 Indicazioni per l'attuazione

### 3.3.1 Necessità



*Quale principio guida vale: «Illuminare solo quanto strettamente necessario».*

Quando si esamina la necessità devono essere prese in considerazione anche le illuminazioni esistenti:

- smantellare gli impianti esistenti non necessari.

Indicazioni per la verifica della necessità in caso di impianti nuovi o da rinnovare:

- un piano di illuminazione può essere utile per chiarire la necessità;
- si consiglia di non rinnovare o pianificare in modo isolato grandi impianti d'illuminazione (come le illuminazioni stradali) o le illuminazioni di spazi e impianti pubblici, ma di inserirli in un piano d'illuminazione generale o in uno su vasta scala (cfr. all. A4). La portata di un simile piano può variare a seconda delle dimensioni della regione per la quale è previsto. Come minimo dovrebbero essere presenti principi generali per l'illuminazione;
- si deve per quanto possibile rinunciare all'illuminazione nell'ambiente naturale e nelle zone disabitate o scarsamente popolate;

- se si dovesse ritenere necessaria un'illuminazione nell'ambiente naturale, devono essere rilevati per tempo i conflitti di obiettivi con specie e spazi vitali sensibili e con la conservazione del paesaggio, coinvolgendo i servizi specializzati per la natura e il paesaggio, nonché per la caccia e la fauna selvatica, e ridotti al minimo gli effetti delle emissioni luminose. Se si constata che una popolazione di specie o sottospecie protette o minacciate oppure di specie per le quali la Svizzera ha una particolare responsabilità diminuisce a causa della luce artificiale, l'illuminazione deve essere vietata.

### 3.3.2 Intensità / tonalità



*Quale principio guida vale: «Illuminare solo quanto strettamente necessario, ossia coprire le esigenze con la minore quantità complessiva possibile di luce».*

L'adattamento della luminosità allo scopo dell'illuminazione è una misura importante per limitare le emissioni luminose e le loro ripercussioni sull'uomo e sull'ambiente. In tal modo è al contempo anche possibile risparmiare energia. Quando si determina l'intensità si devono osservare i seguenti punti:

- includere la luminosità dell'ambiente circostante: in un ambiente piuttosto buio è necessaria una luce meno intensa per ottenere l'illuminazione ricercata. Illuminazioni supplementari in un ambiente rendono eventualmente necessario adattare quelle esistenti;
- laddove ci si basa su norme orientate alla sicurezza tecnica o alla tecnica lavorativa che prescrivono determinati valori di riferimento, il principio deve essere: rispettare i valori normali, ma non superarli (evitare l'illuminazione eccessiva). Si deve prestare particolare attenzione alla scelta della categoria d'illuminazione appropriata quando la norma distingue diverse categorie;
- l'intensità delle lampade LED con adeguato regolatore di corrente può essere gradualmente attenuata e regolata in modo molto preciso al livello richiesto. Inoltre, nel caso dei LED, il flusso luminoso emesso può essere mantenuto pressoché costante per tutta la durata di vita (cfr. all. A2.4). In tal modo, contrariamente a quanto accadeva con le tecnologie più datate, non è quindi necessario sovradimensionare l'intensità per garantire che le lampade emettano ancora una luce sufficiente anche al termine della loro durata di vita;
- la ricerca sulla fotosensibilità di diverse specie e gruppi di specie ha raggiunto livelli di sviluppo diversi. Una conoscenza approfondita è tuttavia indispensabile per la protezione efficace della ricchezza floro-faunistica presente. Quando si pianificano nuovi impianti d'illuminazione occorre pertanto sempre tenere conto delle più recenti conoscenze scientifiche. È tuttavia chiaro che i sistemi visivi degli animali notturni, che nel corso dell'evoluzione si sono adattati a livelli di illuminazione molto bassi e che sono pertanto molto sensibili, possono essere disturbati dalla luce artificiale già a basse intensità. Di conseguenza, si deve puntare a limitare il più possibile la stessa.

### 3.3.3 Spettro luminoso / colore della luce



*Quale principio guida vale: «Scelta dello spettro luminoso accurata e commisurata allo scopo e al luogo dell'illuminazione (tenendo conto dell'ambiente circostante)».*

Corpi luminosi diversi producono luce con una composizione spettrale differente. Molti animali notturni, in particolare numerosi insetti, sono attratti dalla luce con lunghezze d'onda brevi (luce UV e blu). Oggigiorno, per l'illuminazione vengono impiegati perlopiù diodi a emissioni luminose (LED). Le lampade LED a luce bianca calda sono leggermente meno efficienti dal punto di vista energetico rispetto alle lampade LED a luce bianca fredda o neutra<sup>1</sup>. In compenso, esse presentano una componente minore di blu nello spettro luminoso, che ha un effetto biologico particolarmente negativo. Inoltre, molte persone percepiscono la luce bianca calda come più piacevole di quella bianca neutra o fredda (cfr. all. A1.1.5 e A2.4).

- Dal punto di vista della LPAmb e della LPN si dovrebbero pertanto impiegare il più possibile LED a luce bianca calda, e secondo lo stato delle conoscenze quelli con una temperatura di colore inferiore a 2700 K<sup>2</sup>.
- La questione del risparmio energetico e della necessità di evitare le componenti blu della luce devono tuttavia essere ponderate caso per caso.
- Non è però ammesso pregiudicare le specie e gli habitat protetti, minacciati o di particolare importanza, adducendo come argomento la salvaguardia delle risorse.
- Non si dovrebbero utilizzare LED a luce bianca fredda (> 5300 K).
- Se per motivi di sicurezza vengono impiegati LED a luce bianca neutra (4000 K), si deve verificare se l'intensità può essere ridotta (ad es. con prove di illuminazione, campionatura in loco, sondaggi ecc.). Infatti, la luce con un'elevata componente di blu, a pari intensità, risulta più luminosa per l'uomo rispetto alla luce con poco blu nello spettro poiché la sensibilità dell'occhio umano nella visione crepuscolare è spostata nella zona blu-verde.
- Se, a causa della loro composizione spettrale, i corpi luminosi necessari per l'illuminazione possono avere un effetto negativo su uno spazio vitale e sugli organismi che vi abitano, le lampade devono essere munite di filtri per limitare le componenti indesiderate dello spettro (ad es. filtri UV).

<sup>1</sup> Secondo le indicazioni dei fabbricanti, i LED a luce bianca calda con una temperatura di colore pari a 3000 Kelvin (K) sono circa il 10–20 % meno efficienti dal punto di vista energetico rispetto ai LED a luce bianca neutra con 4000 K. Tuttavia, indipendentemente dalla temperatura di colore, i LED presentano già un'efficienza energetica nettamente migliore rispetto ai corpi luminosi tradizionali, che può essere all'occorrenza ulteriormente aumentata mediante l'impiego di comandi dinamici per la luce (cfr. all. A2.5).

<sup>2</sup> La presente raccomandazione si basa su diversi studi (ad es. Longcore et al. 2018, Luginbuhl et al. 2014) e raccomandazioni di altri Paesi (cfr. Francia nell'all. A3.4.3).

### 3.3.4 Scelta e posizionamento degli apparecchi



*Quale principio guida vale: «Scegliere il tipo di apparecchio adatto e posizionarlo nel posto giusto, affinché l'illuminazione sia la più precisa possibile e senza radiazioni inutili nell'ambiente circostante».*

Un elemento centrale per limitare le emissioni luminose nell'ambiente è la scelta del tipo di lampada ottimale per l'illuminazione ricercata e la collocazione adeguata delle lampade, affinché l'illuminazione sia la più precisa possibile e l'emissione di luce diffusa nell'ambiente circostante sia ridotta al minimo.

Condizioni quadro e pianificazione:

- per evitare il più possibile che la luce penetri in spazi vitali sensibili quali i biotopi d'importanza nazionale e regionale, le bandite di caccia per gli animali selvatici, le zone di tranquillità per la fauna selvatica, le riserve per uccelli acquatici e migratori, le riserve forestali, i siti di riproduzione dei pesci, le aree di stabulazione invernale sensibili e le zone di riproduzione, è possibile prevedere zone cuscinetto tra gli impianti di illuminazione e tali aree. Le zone cuscinetto sono consigliate anche presso gli impianti necessari al ripristino di funzioni ecologiche (ad es. passaggi faunistici, scale di risalita/passaggi per pesci). Per gli impianti di illuminazione in tali zone cuscinetto contro il disturbo devono essere definite condizioni particolarmente severe per limitare le immissioni luminose nell'area da proteggere;
- l'illuminazione deve essere progettata in modo da mantenere delle zone e dei corridoi di buio intorno alle infrastrutture illuminate (ad es. nelle cinture verdi), affinché gli spazi vitali degli animali notturni rimangano interconnessi e intatti;
- in caso di grandi impianti d'illuminazione (illuminazione di strade, campi sportivi, stazioni, binari ecc.), si consiglia di coinvolgere specialisti e di far allestire calcoli d'illuminazione. In tal modo è possibile scegliere le lampade più adatte al caso concreto, nonché la loro collocazione e il loro orientamento ottimali, tenendo conto delle ripercussioni sull'ambiente.

Attuazione:

- la luce della lampada deve poter essere direzionata bene, affinché, per quanto possibile, siano illuminate solo le superfici che hanno bisogno di luce. La luce delle lampade LED correttamente impiegate, può essere orientata in modo più mirato rispetto a quella delle lampade tradizionali (cfr. all. A2.4);
- se le luci sono disposte sui bordi, l'utilizzo di luci a emissione luminosa asimmetrica consente di delimitare meglio la superficie da illuminare rispetto a quelle che presentano una distribuzione simmetrica della luce. Ciò vale anche per le lampade LED (cfr. all. A5.3.3);
- ottimizzando l'altezza delle luci rispetto al suolo (la cosiddetta altezza del punto luce) è possibile ridurre l'effetto a distanza delle luci e le emissioni sulle abitazioni o gli ambienti naturali adiacenti. Caratteristiche topografiche particolari (ad es. pendenza, posizione più elevata) possono comportare situazioni con effetti particolari (ad es. sguardo diretto sulle lampade, effetto a distanza più elevato ecc.). Per limitare le emissioni in zone sensibili potrebbero risultare necessarie misure (supplementari) specifiche, adeguate alla situazione (cfr. cap. 3.3.7);
- le lampade devono essere ermetiche per impedire a piccoli organismi quali insetti o ragni di entrarvi.

### 3.3.5 Orientamento



*Quale principio guida vale: «In genere illuminare sempre dall'alto verso il basso, orientando gli apparecchi con precisione durante l'installazione».*

Indicazioni in merito all'orientamento:

- in linea di massima illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno;
- le lampade devono essere orientate in modo da impedire la visione diretta della fonte luminosa dalle abitazioni adiacenti. Al riguardo occorre anche, per quanto possibile, evitare una luce che si propaga orizzontalmente;
- al momento del montaggio, le lampade devono essere orientate in modo preciso, affinché venga illuminato solo ciò che deve essere illuminato;
- non è consentito illuminare i fori di uscita dei rifugi diurni dei pipistrelli poiché altrimenti questi ultimi escono più tardi o addirittura non escono per procurarsi del cibo;
- non si devono illuminare, né direttamente né indirettamente e neppure in modo permanente, nemmeno i luoghi di nidificazione e di cova di uccelli e altre specie animali situati in vecchie costruzioni, come torri, mura o chiese (cfr. all. A5.7.3);
- non devono mai essere illuminate direttamente neanche le acque prossime allo stato naturale e le loro rive. Le acque sono un spazio vitale per molti organismi che possono subire pregiudizi a causa della luce (ad es. pesci, anfibi, tricoteri ed efemerotteri, pulci d'acqua, zooplancton e turbellari).

### 3.3.6 Gestione del tempo / impostazione



*Quale principio guida vale: «Se possibile, impostare l'illuminazione in base alle esigenze e spegnerla o ridurla temporaneamente».*

In merito alla regolazione del tempo dell'illuminazione si pongono le seguenti domande:

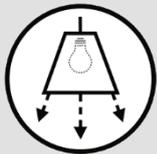
- quando o in quali fasce orarie occorre quale illuminazione?
- L'illuminazione può essere temporaneamente spenta o ridotta?
  - Con riferimento alle ore diurne o notturne?
  - Con riferimento alla stagione (stagionale)?
- L'illuminazione può essere regolata attivamente (in funzione dei bisogni)?

Indicazioni per la regolazione del tempo d'illuminazione in funzione dei bisogni:

- le moderne lampade LED possono essere attivate e disattivate senza ritardi e attenuate gradualmente. In combinazione con sistemi di regolazione intelligenti è quindi possibile regolare l'illuminazione in funzione dei bisogni e accendere la luce solo se effettivamente necessario (cfr. all. A2.4);

- considerare la stagione: gli effetti dell'illuminazione artificiale sugli animali e sui loro spazi vitali possono variare a seconda della stagione:
  - un disturbo della migrazione degli uccelli è possibile in primavera (da marzo a maggio) e in autunno (da agosto a novembre), in particolare in caso di nebbia o di cielo coperto. Le limitazioni dell'illuminazione volte a proteggere gli uccelli migratori sono pertanto indicate in particolare in questi periodi (ad es. chiusura automatica di tapparelle o di altri sistemi di ombreggiamento di edifici di altezza elevata durante la notte, cfr. l'esempio pratico nell'all. A5.9.6; nessuna illuminazione delle cime delle montagne, cfr. all. A5.10.2),
  - nel periodo compreso tra la primavera e l'autunno per i pipistrelli risulta problematica l'infiltrazione di luce nei fori di uscita dei loro rifugi diurni nei sottotetti e l'illuminazione artificiale dei corridoi di volo situati tra questi rifugi e il loro territorio di caccia. Per contro, i pipistrelli trascorrono il letargo per lo più all'interno di grotte, motivo per cui in questo periodo non sono in linea di massima interessati dalle illuminazioni;
- lunghe strutture di illuminazione lineari, quali in particolare l'illuminazione stradale, possono costituire una barriera insuperabile per gli insetti, nonché interrompere i corridoi di volo dei pipistrelli nel loro territorio di caccia. In passato, l'illuminazione stradale era spesso in funzione per tutta la notte. L'attuale tecnologia delle lampade LED combinata con comandi intelligenti consente di gestire anche l'illuminazione pubblica ad alta luminosità in funzione dei bisogni, è ciò sia in termini di tempo che di intensità (cfr. all. A5.1). Simili sistemi, se progettati e realizzati bene, contribuiscono a ridurre l'effetto barriera di strutture di illuminazione estese.

### 3.3.7 Schermi



*Quale principio guida vale: «Schermature supplementari in casi problematici specifici».*

- In casi problematici specifici, le emissioni nell'ambiente possono essere ulteriormente limitate mediante schermature aggiuntive applicate alle lampade.
- All'occorrenza, in corrispondenza e in prossimità di passaggi faunistici che attraversano le infrastrutture di trasporto devono essere apposte schermature per evitare che gli animali siano disturbati dai fari delle automobili o dei treni.

---

# 4 Valutazione della rilevanza delle emissioni luminose di un impianto e della proporzionalità delle misure precauzionali

## 4.1 Criteri

Sulla base dei seguenti criteri è possibile determinare la rilevanza delle emissioni luminose provenienti da un impianto per l'inquinamento dell'ambiente circostante:

- entità delle emissioni luminose nello spazio esterno: nel singolo caso può variare da molto grande (ad es. nel caso dell'illuminazione di strade, aree di lavoro o campi sportivi) a molto piccola (ad es. in caso di singole lampade su fondi privati). Anche il tipo di luce influisce sulla percepibilità e sul possibile grado di disturbo;
- sensibilità dell'ambiente circostante: anche le caratteristiche e, di conseguenza, la sensibilità dell'ambiente circostante senza la fonte luminosa da valutare possono variare fortemente: da molto grande (ad es. riserve naturali) a molto bassa (ad es. zone industriali e artigianali urbane senza abitazioni nelle vicinanze o ambienti naturali e paesaggi degni di protezione).

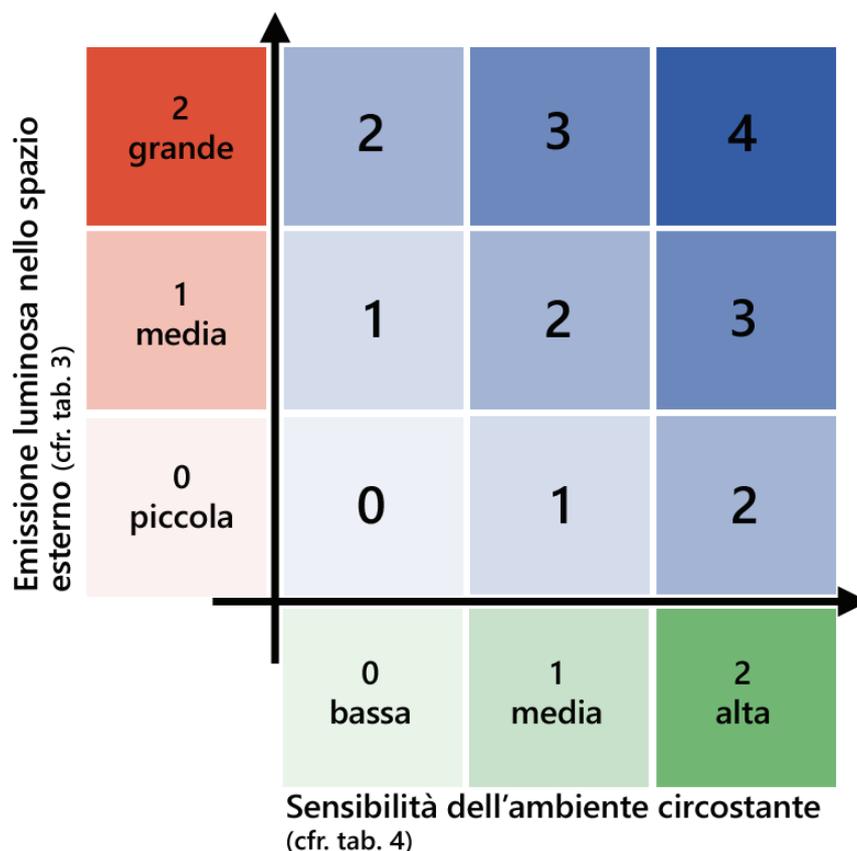
## 4.2 Matrice della rilevanza

La rilevanza per l'ambiente delle emissioni luminose di un impianto può essere valutata sulla base della seguente matrice di cui alla figura 3:

**Figura 3**

**Matrice per determinare l'indice di rilevanza delle emissioni luminose di un impianto.**

A seconda dell'entità dell'emissione luminosa di un impianto (asse y) e della sensibilità dell'ambiente in cui esso si trova (asse x), si ottiene un indice di rilevanza compreso tra 0 e 4. Maggiore è il valore, più elevata risulta la rilevanza e quindi urgenti le misure per la limitazione delle emissioni.



Nel capitolo 4.3 sono riportati esempi di emissioni tipiche di diversi impianti nello spazio esterno, mentre nel capitolo 4.4 sono illustrati i diversi aspetti rilevanti per la valutazione della sensibilità dell'ambiente circostante. Il capitolo 4.5 si occupa infine delle misure che dovrebbero essere adottate sulla base della matrice di rilevanza e del piano in sette punti.

### 4.3 Emissione luminosa nello spazio esterno

L'*emissione* di un'illuminazione nello spazio esterno dipende dai seguenti elementi:

- intensità e tipo d'illuminazione (luminosità, spettro luminoso);
- dimensioni ed estensione dell'illuminazione;
- orari di accensione dell'illuminazione.

La seguente categorizzazione delle fonti tipiche di cui alla tabella 3 funge da primo aiuto per orientarsi nell'ambito della suddivisione nei tre livelli di emissione (piccola, media, grande) della matrice di rilevanza. Nel singolo caso concreto la categorizzazione deve avvenire in modo flessibile; in considerazione delle loro caratteristiche particolari (ad es. dimensioni, luci lampeggianti), singoli impianti possono anche essere classificati in una categoria superiore o inferiore.

**Tabella 3****Emissioni tipiche di diversi impianti nello spazio esterno**

Tipo di impianto	Emissioni nello spazio esterno
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Illuminazione stradale</li> <li>• Illuminazione di infrastrutture sportive</li> <li>• Illuminazione di superfici (postazioni di lavoro all'aperto): infrastrutture di carico, rampe, scali merci ferroviario, impianti di smistamento, piazzali di stoccaggio, impianti di illuminazione per proiezione, ad es. per il commercio di automobili ecc.</li> <li>• Illuminazione delle stazioni</li> <li>• Illuminazione di altre infrastrutture di trasporto: fermate, aeroporti, aerodromi, parcheggi</li> <li>• Edifici industriali e artigianali come centri commerciali, centri logistici, stazioni di servizio, impianti di lavaggio automatico, negozi aperti 24 ore su 24 ecc.</li> </ul>	grande (2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Illuminazione di piazze pubbliche, zone di incontro, parchi urbani</li> <li>• Illuminazione di edifici e impianti pubblici (illuminazione di facciate)</li> <li>• Pubblicità luminosa</li> <li>• Illuminazione esterna funzionale degli insediamenti</li> <li>• Cantieri notturni</li> <li>• Serre (illuminazione interna)</li> <li>• Edifici industriali e artigianali impiegati di notte (illuminazione interna) a seconda delle dimensioni</li> <li>• Illuminazione interna di grattacieli, ospedali e altri edifici con grandi vetrate, vani scala vetrati</li> </ul>	media (1)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifici amministrativi e uffici impiegati di notte</li> <li>• Illuminazioni natalizie e ornamentali impiegate tutto l'anno</li> <li>• Illuminazione esterna funzionale di case unifamiliari</li> <li>• Illuminazione interna di case unifamiliari e plurifamiliari</li> <li>• Luci ornamentali singole</li> </ul>	piccola (0)

Un ulteriore criterio per l'assegnazione di un'emissione luminosa a un determinato livello di emissione è la sua durata. L'illuminazione continua durante tutta la notte provoca di regola emissioni più elevate rispetto a illuminazioni a fasi o improvvise. La regolazione del tempo e lo spegnimento temporaneo (ad es. di un'illuminazione stradale o di una pubblicità luminosa) possono pertanto costituire una misura adeguata per ridurre le emissioni (cfr. cap. 3.3.6). In singoli casi, tuttavia, anche le emissioni luminose irregolari (ad es. lo sfarfallamento della luce di una lampada che imita l'effetto di una fiamma oppure i fari dei veicoli in transito) possono essere percepite come particolarmente moleste.

Il successivo aspetto di cui si deve tener conto è la sensibilità dell'ambiente (cap. seguente 4.4). In prossimità di ambienti naturali pregiati, anche l'illuminazione interna di case unifamiliari e plurifamiliari potrebbe ad esempio avere notevoli ripercussioni (cfr. cap. 4.5).

---

## 4.4 Sensibilità dell'ambiente circostante

Gli effetti dell'illuminazione sull'uomo e sulla natura non dipendono solo dall'intensità e dalla qualità delle emissioni luminose, ma anche dalle caratteristiche dell'ambiente circostante. Per evitare il più possibile gli effetti indesiderati dell'illuminazione, l'ambiente circostante deve essere tenuto in considerazione già al momento della progettazione degli impianti d'illuminazione.

Un fattore importante da considerare è la *luminosità dell'ambiente circostante*. In ambienti più bui l'illuminazione risalta maggiormente costituendo una fonte di disturbo, mentre per raggiungere lo scopo previsto dall'illuminazione occorre meno luce. L'ambiente può essere caratterizzato sulla base delle zone periferiche indicate nella tabella 4. Gli effetti dell'illuminazione si ripercuotono sia sull'uomo (abitazioni nei dintorni) sia sull'ambiente (ambienti naturali e paesaggi degni di protezione, nonché animali notturni):

- *abitazioni* nell'ambiente circostante:
  - in presenza di abitazioni nelle vicinanze, grandi impianti d'illuminazione possono illuminare gli spazi abitativi in maniera molesta (cfr. cap. 5.2 e all. A1.1.4),
  - qualora sia possibile guardare direttamente le lampade, un abbagliamento molesto è possibile anche per le abitazioni più distanti (cfr. cap. 5.3 e all. A1.1.3);
- *ambienti naturali e paesaggi degni di protezione, nonché animali notturni*: le specie e gli spazi vitali fotosensibili sono presenti sia nelle zone rurali che negli agglomerati (ad es. pipistrelli). Queste aree servono, tra l'altro, al collegamento e costituiscono un elemento centrale dell'infrastruttura ecologica; il mantenimento di corridoi bui deve quindi essere garantito. Occorre prestare particolare attenzione alle aree protette situate al margine degli insediamenti o anche alle rive di fiumi e laghi. Per chiarire se in un caso concreto sono presenti specie o spazi vitali fotosensibili, sono utili i seguenti canali d'informazione:
  - contatti con i servizi cantonali specializzati in materia di natura e paesaggio, caccia e gestione della fauna selvatica, gli enti e le organizzazioni locali di protezione della natura. Eventualmente sono necessarie indagini mirate per chiarire se in una determinata zona si trovano specie fotosensibili (ad es. inventari dei pipistrelli<sup>3</sup>),
  - la piattaforma di geoinformazione della Confederazione svizzera<sup>4</sup>, liberamente accessibile in Internet, contiene cartine degli ambienti naturali protetti (come gli oggetti dell'Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP), zone golenali o palustri) e sulla diffusione territoriale di determinate specie sensibili e rare (corridoi faunistici, riserve di uccelli acquatici e migratori, zone di tranquillità per la fauna selvatica),
  - sui siti Internet dei Cantoni sono inoltre disponibili inventari cantonali<sup>5</sup>.

La tabella 4 assegna le diverse zone periferiche secondo la norma CIE150:2017 a uno dei tre livelli di sensibilità della matrice della rilevanza. La suddivisione tiene conto del fatto che, in base all'utilizzo, le zone presentano una luminosità diversa al buio.

<sup>3</sup> La Fondazione per la protezione dei pipistrelli procura i relativi specialisti in tutta la Svizzera ([www.fledermausschutz.ch](http://www.fledermausschutz.ch)).

<sup>4</sup> Indirizzo: [www.map.geo.admin.ch](http://www.map.geo.admin.ch)

<sup>5</sup> Conferenza dei Servizi Cantionali per la Geoinformazione CCGEO: [www.kkgeo.ch](http://www.kkgeo.ch) > Geodati

**Tabella 4****Zone periferiche e loro caratteristiche desunte in base alla norma CIE 150:2017**

Zona	Ambiente secondo CIE 150:2017	Esempi secondo CIE 150:2017	Esempi analoghi	Sensibilità
E0	completamente buio	aree protette per la luce stellare UNESCO (Starlight Reserves), aree di protezione dalla luce (IDA Dark Sky Parcs), grandi osservatori	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zone disabitate</li> <li>• ambienti naturali degni di protezione, in particolare zone protette nazionali e locali e luoghi in cui si trovano specie fotosensibili d'importanza nazionale</li> <li>• parchi nazionali ecc.</li> </ul>	alta (2)
E1	buio	zone rurali relativamente disabitate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• abitazioni isolate in ambienti rurali</li> </ul>	media (1)
E2	luminosità scarsa dell'area	zone rurali scarsamente popolate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zone rurali con piccoli insediamenti</li> <li>• zone puramente residenziali</li> <li>• margine degli insediamenti</li> </ul>	
E3	luminosità media dell'area	insediamenti rurali e urbani ben popolati	<ul style="list-style-type: none"> <li>• agglomerati</li> <li>• zone densamente edificate</li> <li>• zone residenziali e artigianali (zone miste)</li> </ul>	bassa (0)
E4	luminosità elevata dell'area	centri urbani e altri centri d'affari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• centri urbani e d'affari</li> </ul>	

I tre livelli di sensibilità della matrice della rilevanza sono i seguenti:

- sono considerate ambienti a bassa sensibilità, in particolare, le zone periferiche E3 ed E4 (zone urbane, agglomerati densamente edificati);
- sono ritenute ambienti di sensibilità media specialmente le zone periferiche E1 ed E2 (zone rurali, piccoli o piccolissimi insediamenti, zone puramente residenziali o abitazioni nei dintorni);
- sono invece considerati ambienti ad alta sensibilità le zone disabitate (ad es. ambienti naturali degni di protezione), gli habitat particolarmente fotosensibili e la presenza locale di animali notturni (zona periferica E0).

Se richiesto in base alla situazione concreta, è possibile derogare agli esempi citati nella CIE 150:2017. In particolare, i territori o le aree delle zone periferiche E3 ed E4 possono presentare una maggiore sensibilità, ad esempio nel caso di parchi situati nell'agglomerato o di cortili interni destinati a utilizzi residenziali. Un piano delle luci consente alle città e ai Comuni di differenziare e adeguare le sensibilità alle circostanze concrete (cfr. all. A4).

---

## 4.5 Proporzionalità delle misure precauzionali

Sommando i valori dell'emissione luminosa nello spazio esterno e della sensibilità dell'ambiente si ottiene l'indice di rilevanza per una determinata fonte luminosa in un determinato ambiente in base alla matrice della rilevanza (cfr. fig. 3). Per poter stabilire quali misure precauzionali devono essere adottate per limitare le emissioni luminose, l'indice di rilevanza deve essere combinato con il piano in sette punti:

- nell'ambito della prevenzione devono essere adottate tutte le misure proporzionate secondo il piano in sette punti. Più l'indice di rilevanza è elevato, più una misura deve essere considerata proporzionata o in altre parole: maggiore è la rilevanza di una fonte luminosa, tanto più onerose sono le misure da adottare per limitare preventivamente le emissioni;
- se l'indice di rilevanza è pari a 0 (si pensi ad es. a piccole lampade sul balcone di un appartamento di città) di regola non si devono adottare misure poiché non sarebbero proporzionate;
- se l'indice di rilevanza è pari a 4 (ad es. nel caso dell'illuminazione di un campo sportivo confinante con zone di protezione della natura e paesaggi degni di protezione) generalmente anche misure onerose risultano insufficienti per salvaguardare l'elevato interesse alla protezione dalla luce artificiale. Un'illuminazione di questo tipo non è di norma ammessa;
- se l'indice di rilevanza è compreso tra 1 e 3, si deve stabilire nel singolo caso quali misure e di quale entità devono essere ritenute proporzionate in funzione della rilevanza della fonte luminosa.

---

# 5 Raccomandazioni per la valutazione dell'effetto di disturbo delle immissioni luminose sull'uomo (valutazione caso per caso mediante valori indicativi)

## 5.1 In generale

### 5.1.1 Aspetti giuridici

Secondo la legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), le limitazioni delle emissioni devono essere inasprite (in una seconda fase) se è certo o probabile che gli effetti, tenuto conto del carico inquinante esistente, divengano dannosi o molesti (art. 11 cpv. 3 LPAmb). Finora il Consiglio federale non ha fissato valori limite di immissione per valutare la dannosità o il disturbo provocato dalla luce. L'autorità incaricata dell'applicazione del diritto deve pertanto valutare nel singolo caso, direttamente sulla base della LPAmb, quando le immissioni luminose devono essere considerate dannose o moleste, ossia quando l'uomo, la fauna e la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi sono messi in pericolo o il benessere della popolazione è considerevolmente perturbato. A tal fine l'autorità può basarsi su indicazioni di esperti e servizi specializzati o anche tenere in considerazione valori limite e indicativi di normative private o estere, purché i loro criteri di valutazione siano compatibili con quelli del diritto ambientale svizzero (cfr. all. A3.2.1).

Gli aiuti all'esecuzione possono contenere valori indicativi che fungono da ausilio per valutare una situazione concreta. I valori indicativi di cui al presente capitolo possono essere utilizzati per valutare se la luce artificiale che penetra in un alloggio dall'esterno (da fonti di luce nell'ambiente) sia considerevolmente molesta per l'uomo ai sensi della LPAmb. Vengono valutati l'illuminazione degli spazi abitativi e l'abbagliamento molesto. Questi due effetti del disturbo possono verificarsi indipendentemente l'uno dall'altro. I valori indicativi qui raccomandati sono desunti dalla direttiva 150 della Commissione internazionale per l'illuminazione CIE (cfr. all. A3.4.1) e dalle istruzioni per la misurazione, la valutazione e la riduzione delle immissioni luminose della comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni [«Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen» der deutschen Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionschutz (LAI)] (cfr. all. A3.4.3).

È opportuno segnalare che tali valori indicativi non sono giuridicamente vincolanti come i valori limite d'immissione, la cui emanazione, secondo l'articolo 13 capoverso 1 LPAmb, è di esclusiva competenza del Consiglio federale. Essi mirano tuttavia a contribuire a una valutazione dell'effetto di disturbo delle immissioni luminose secondo una prassi uniforme quando viene valutato un caso concreto. Contrariamente ai valori limite, nella valutazione con valori indicativi l'autorità esecutiva mantiene un certo potere discrezionale (cfr. cap. 5.4).

---

### 5.1.2 Effetto di disturbo

Il disturbo causato all'uomo dalla luce artificiale proveniente dall'ambiente dipende in linea di massima dai seguenti fattori:

- *intensità della luce*: intensità luminosa in caso di illuminazione di spazi abitativi, nonché differenze di luminosità o luminanza in caso di abbagliamento molesto;
- *luminosità dell'ambiente*: più l'ambiente circostante è buio, più è probabile che risaltino fonti luminose supplementari e che il loro effetto di disturbo aumenti;
- *colore della luce*: sono considerati particolarmente molesti, in ordine crescente, la luce gialla o bianca, la luce verde, la luce rossa o la luce blu. Per quanto attiene alla luce bianca, molte persone percepiscono la luce bianca calda come più piacevole rispetto a quella bianca neutra o fredda;
- *modifica temporale*: la luce lampeggiante disturba maggiormente rispetto alla luce permanente, laddove l'effetto di disturbo aumenta con l'incremento della frequenza dei lampeggiamenti;
- *momento dell'influsso della luce*: durante il periodo di riposo notturno (dalle ore 22 alle ore 6) le immissioni luminose sono particolarmente disturbanti;
- *frequenza e durata dell'influsso della luce*: un'illuminazione che viene accesa ogni sera per diverse ore è più molesta rispetto a un'illuminazione in funzione solo poche volte all'anno.

I seguenti valori indicativi si riferiscono all'immissione totale nelle abitazioni interessate. L'immissione totale può essere misurata bene in una determinata situazione (per quanto riguarda l'illuminazione di spazi abitativi con un apparecchio di misurazione della luminosità (luxmetro), mentre per quanto riguarda l'abbagliamento molesto con una fotocamera di luminanza). Per contro, calcolare preventivamente l'immissione totale è molto dispendioso poiché tutte le fonti di luce presenti nell'ambiente circostante devono essere modellizzate.

Ritenuto che l'effetto di disturbo delle immissioni luminose per l'uomo dipende dal tipo e dall'intensità di utilizzo, nonché dal bisogno di protezione dalla luce nell'ambiente interessato, si consiglia di applicare valori indicativi di diversa entità a seconda della zona periferica (cfr. tab. 4 nel cap. 4.4). Per quanto possibile, di seguito sono indicati anche i fattori di correzione per la luce colorata o lampeggiante.

## 5.2 Valori indicativi per l'illuminazione di spazi abitativi

### 5.2.1 In generale

L'illuminazione di spazi abitativi (cfr. all. A1.1.4) viene valutata sulla base dell'illuminamento verticale  $E_v$  in lux sulla finestra dell'abitazione interessata (cfr. fig. 4).

La fascia di tempo a partire dalle ore 22 è considerata particolarmente rilevante per quanto concerne l'illuminazione di spazi abitativi, in quanto per la maggior parte della popolazione è il periodo di riposo notturno e di sonno. Per questo motivo, i valori indicativi proposti nel capitolo 5.2.2 per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi si riferiscono al periodo di riposo notturno. Sono considerate periodo di riposo notturno le stesse fasce orarie stabilite per la protezione dal rumore. Di regola si tratta della fascia oraria compresa tra le ore 22 e le ore 6.

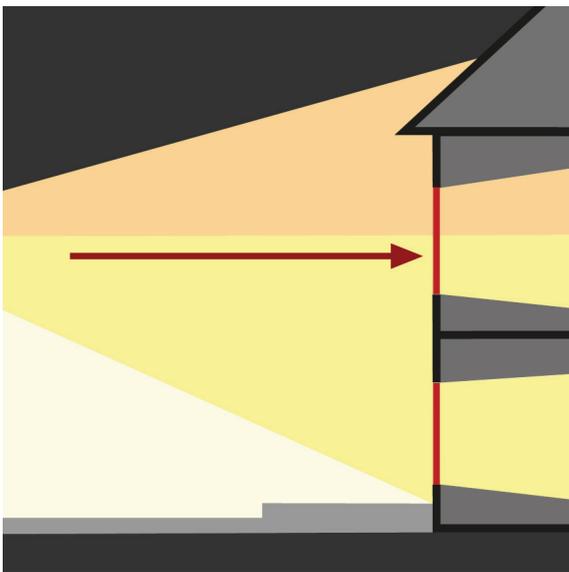
In caso di contestazioni per immissioni al di fuori dell'orario di riposo notturno, ossia in particolare prima delle ore 22, nel capitolo 5.2.3 si consiglia di basarsi sulle norme per la rispettiva categoria d'impianto e di esigere il rispetto

dei relativi valori di riferimento (cfr. all. A3.4). Tuttavia, per un determinato luogo, queste norme si riferiscono di volta in volta alle immissioni di un singolo impianto e non alle immissioni totali.

#### Figura 4

##### Valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi.

*L'illuminazione di spazi abitativi è valutata in lux in base alla luminosità che dall'esterno raggiunge perpendicolarmente il livello della finestra dell'abitazione. Il piano di misurazione dell'illuminamento verticale è evidenziato in rosso.*



#### 5.2.2 Valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi durante il periodo di riposo notturno (dalle ore 22 alle ore 6)

I diversi valori indicativi a seconda della zona periferica per la valutazione delle immissioni durante il periodo di riposo notturno sono elencati nella tabella 5. Essi sono desunti dai valori raccomandati nella direttiva CIE 150 per il periodo di tempo a partire dall'orario di applicazione («post-curfew»), i quali si riferiscono alle immissioni totali di tutte le fonti luminose presenti nell'ambiente circostante. Mentre la direttiva CIE utilizza per la valutazione l'illuminamento verticale massimo che si verifica sulla superficie di una finestra, nel presente aiuto all'esecuzione si ricorre all'illuminamento verticale medio del locale d'abitazione maggiormente colpito. Tale scelta è dovuta al fatto che, da un lato, questo valore può essere misurato più facilmente dal punto di vista tecnico e che, dall'altro, secondo alcune misurazioni i valori medi e massimi all'interno della superficie di una finestra si situano nello stesso ordine di grandezza.

**Tabella 5**

**Valori indicativi per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi (illuminamento verticale medio  $E_v$  in lux) sulle superfici delle finestre di spazi abitativi in funzione della zona periferica durante il periodo di riposo notturno.**

Zona periferica (secondo la tab. 4)	Illuminamento verticale medio $E_v$ in lux
E0, completamente buio: Dark Sky Park, ambienti naturali degni di protezione, parchi nazionali ecc.	-
E1, buio: zone rurali relativamente disabitate	0
E2, luminosità scarsa dell'area: zone scarsamente popolate, mere zone residenziali ecc.	1
E3, luminosità media dell'area: insediamenti rurali e urbani ben popolati	2
E4, luminosità elevata dell'area: centri urbani e d'affari	5

La luce colorata o variabile nel tempo ha un effetto di disturbo maggiore sull'uomo rispetto alla luce bianca o costante (cfr. all. A1.1.4). Per tenere conto di questo aspetto, in caso di immissioni prevalentemente (ossia in misura superiore all'80 %) dovute a luce colorata o variabile nel tempo, si devono applicare i fattori di supplemento secondo la tabella 6, che corrispondono ai fattori applicati dalla comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni («Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz») (LAI 2012).

**Tabella 6**

**Fattori di supplemento per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi in caso di luce colorata o variabile nel tempo (per le spiegazioni sull'applicazione si vedano le indicazioni per la valutazione).**

	Fattore di supplemento
<b>Luce colorata:</b>	2
<b>Luce variabile nel tempo:</b>	
<i>Durata</i>	
> 5 min	1
> da 4 s a 5 min	1,5
> da 2 a 4 s	2
> da 1,5 a 2 s	3
<i>Frequenza (in hertz [Hz])</i>	
da 0,67 a 18 Hz	5
da 19 a 24 Hz	3
da 25 a 30 Hz	2
> 30 Hz	1

In molti casi gli impianti per l'illuminazione delle vie di comunicazione pubbliche sono in grado di rispettare i valori indicativi per l'illuminazione di spazi abitativi di cui alla tabella 5. Tuttavia, in zone densamente edificate è possibile che vi siano situazioni in cui i valori indicativi non possono essere rispettati anche quando gli impianti

---

d'illuminazione sono impiegati secondo lo stato più avanzato della tecnica. In questi casi, dal punto di vista della sicurezza degli utenti della strada, il rispetto del pacchetto di norme SN EN 13201 «Illuminazione stradale» deve essere considerato più importante del rispetto dei presenti valori indicativi. Ciò non significa tuttavia che nel singolo caso concreto non siano comunque possibili misure (ad es. evitare la sovrailluminazione, schermature ecc.). Oltre alle misure precauzionali, devono essere adottati tutti i provvedimenti che contribuiscono a ridurre al minimo il superamento dei valori indicativi. La relativa valutazione spetta all'autorità esecutiva competente.

Ulteriori indicazioni in merito al margine di discrezionalità dell'autorità esecutiva nell'applicazione dei valori indicativi per la valutazione dell'effetto di disturbo sono riportate nel capitolo 5.4. Indicazioni per la valutazione, la misurazione e il calcolo dell'illuminazione di spazi abitativi durante il periodo di riposo notturno si trovano nell'allegato A6.1.

### **5.2.3 Valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi al di fuori del periodo di riposo notturno**

Per il periodo al di fuori del periodo di riposo notturno non sono raccomandati valori indicativi specifici per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi (cfr. cap. 5.2.1). In questo lasso di tempo le emissioni devono essere limitate mediante misure alla fonte ai fini della prevenzione. Per determinate categorie di impianti esistono norme di illuminazione contenenti non solo prescrizioni relative alla qualità dell'illuminazione dell'impianto, ma anche alla limitazione delle emissioni luminose nell'ambiente (cfr. all. A3.4).

Queste norme indicano quindi il livello al quale le immissioni nell'ambiente possono essere limitate secondo lo stato attuale della tecnica in caso di esercizio dell'impianto conforme alle norme. Le prescrizioni si riferiscono, per un determinato luogo, di volta in volta alle immissioni di un singolo impianto e non alle immissioni totali in quella sede.

In caso di contestazioni dovute all'illuminazione di spazi abitativi al di fuori dell'orario di riposo notturno si consiglia di esigere il rispetto dei relativi valori normali. Detti valori possono essere utilizzati anche nelle procedure di autorizzazione per valutare i risultati del calcolo dell'illuminamento verticale per l'arco di tempo precedente alle ore 22.

Le prescrizioni determinanti per la valutazione di un impianto di illuminazione in relazione all'illuminazione di spazi abitativi al di fuori del periodo di riposo notturno sono:

- per le infrastrutture sportive: SN EN 12193 «Illuminazione sportiva», capitolo 6.10 «Luce molesta» (cfr. all. A3.4.1);
- per i luoghi di lavoro all'aperto<sup>6</sup>: SN EN 12464-2 «Illuminazione di posti di lavoro in esterno», capitolo 4.5 «Luce molesta» (cfr. all. A3.4.1);
- per le pubblicità luminose: allegato A5.8 del presente aiuto all'esecuzione;
- per l'illuminazione stradale: applicazione della procedura raccomandata dall'Associazione Svizzera per la luce (SLG) conformemente alla direttiva SLG 202 per la scelta di lampade il più possibile a bassa immissione (cfr. all. A5.1.3);
- per gli impianti d'illuminazione per cui non esistono norme esplicite, si consiglia di basarsi sulle raccomandazioni della comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni [«Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz» (LAI)] (cfr. all. A3.4.3).

<sup>6</sup> Ad es. cantieri, stazioni di servizio, impianti industriali, determinate aree negli aeroporti o sui marciapiedi delle stazioni A3.4.1

---

Ulteriori indicazioni per la valutazione, la misurazione e il calcolo dell'illuminazione di spazi abitativi al di fuori del periodo di riposo notturno si trovano nell'allegato A6.2.

## 5.3 Valori indicativi per l'abbagliamento molesto notturno

### 5.3.1 In generale

Si parla di abbagliamento molesto notturno quando le persone si sentono disturbate o molestate da fonti luminose nel loro campo visivo in un ambiente altrimenti buio (cfr. all. A1.1.3). Tali disturbi possono verificarsi ed essere valutati solo se dal luogo di immissione (ad es. un appartamento) è possibile guardare direttamente la fonte dell'abbagliamento.

L'*effetto di disturbo* dipende:

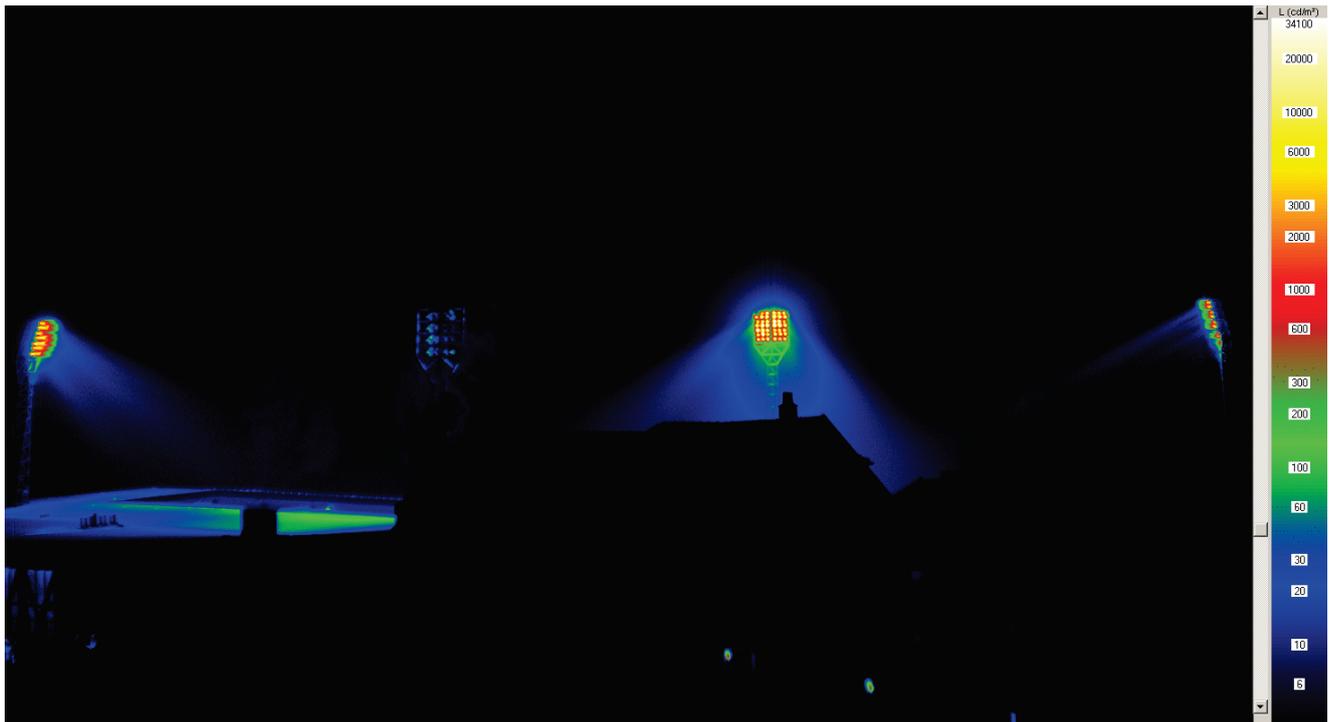
- dalla luminanza della fonte luminosa (in candela per metro quadro [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]);
- dalla superficie della fonte luminosa, espressa come angolo solido (in steradiante [ $\text{sr}$ ]) da cui è vista dalla posizione dell'interessato (dimensione apparente); e
- la luminanza dell'ambiente circostante (in  $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

In una *situazione presente*, tutti questi parametri possono essere rilevati in un'unica volta con una fotocamera di luminanza e determinati con il relativo software (cfr. fig. 5).

Più difficile è fare una *previsione*. In linea di massima è infatti possibile calcolare la luminanza di un singolo impianto, sono tuttavia necessarie anche stime della dimensione apparente della fonte dell'abbagliamento (angolo solido) dal punto di vista di uno o più luoghi di immissione interessati, nonché stime della luminanza dell'ambiente circostante. Il dispendio per la determinazione di questi parametri può aumentare rapidamente e le stime sono caratterizzate da incertezze.

**Figura 5****Illuminazione dello stadio ripresa con una fotocamera di luminanza.**

Nell'immagine della luminanza (in falsa colorazione), con il relativo software è possibile determinare la luminanza media e l'angolo solido della fonte dell'abbagliamento, nonché la luminanza dell'ambiente circostante (grafico: METAS).



La seguente valutazione dell'abbagliamento molesto si basa sulle indicazioni della comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni [«Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz»] (LAI 2012). Nel 2017, la CIE ha adattato tale metodo alle proprie zone periferiche nella direttiva 150 (CIE 2017). Contrariamente alla valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi (cfr. cap. 5.2), i relativi valori indicativi non sono limitati al periodo di riposo notturno, ma devono sempre essere applicati al buio. Tuttavia, per il periodo che precede il riposo notturno si applicano valori indicativi meno severi di quelli applicati durante il riposo notturno.

### 5.3.2 Valutazione dell'abbagliamento molesto

Nella prassi si utilizzano due metodi diversi per valutare l'abbagliamento molesto. Da un lato viene impiegato un livello di abbagliamento  $k_s$ , che comprende tutti i summenzionati parametri dell'effetto di disturbo, mentre dall'altro si applica una procedura che valuta la luminosità (in cd) in direzione del luogo di immissione.

Per valutare l'abbagliamento molesto provocato da una fonte luminosa, il metodo del livello di abbagliamento è in linea di massima più appropriato rispetto a quello della luminosità poiché la luminanza che confluisce nel livello di abbagliamento  $k_s$  corrisponde direttamente all'impressione di luminosità percepita dall'uomo. L'applicazione del livello di abbagliamento  $k_s$  in prossimità di fonti luminose che presentano una distanza relativamente elevata dal suolo, come ad esempio l'illuminazione dei campi sportivi, comporta tuttavia difficoltà nella determinazione della luminosità dell'ambiente circostante, in particolare per quanto attiene alla previsione. A causa dell'angolo solido da cui si vede la lampada, il cielo notturno influisce notevolmente sulla luminosità dell'ambiente circostante. Mancano tuttavia basi empiriche per stabilire quali luminanze realistiche dell'ambiente circostante debbano essere

utilizzate per le previsioni in tali situazioni. Per il momento si raccomanda pertanto di utilizzare, per la valutazione dell'abbagliamento molesto nel caso dell'illuminazione di un campo sportivo, il metodo della luminosità, mentre per tutte le altre illuminazioni il metodo del livello di abbagliamento  $k_S$ .

**Valutazione dell'abbagliamento molesto mediante livello di abbagliamento  $k_S$**

Per valutare l'abbagliamento molesto si deve determinare come misura ausiliaria il livello di abbagliamento  $k_S$  secondo l'Equazione 1. Tale livello non può superare il valore indicativo  $k$  della tabella 7 valido per la zona periferica in questione.

Per determinare il livello di abbagliamento  $k_S$  si devono determinare la luminanza media ( $\overline{L}_S$ ) della fonte di luce abbagliante da valutare, il relativo angolo solido  $\Omega_S$  dal luogo di immissione e la luminanza dell'ambiente circostante  $L_U$  (cfr. fig. 6).

Il livello di abbagliamento  $k_S$  si ottiene come segue:

**Equazione 1**

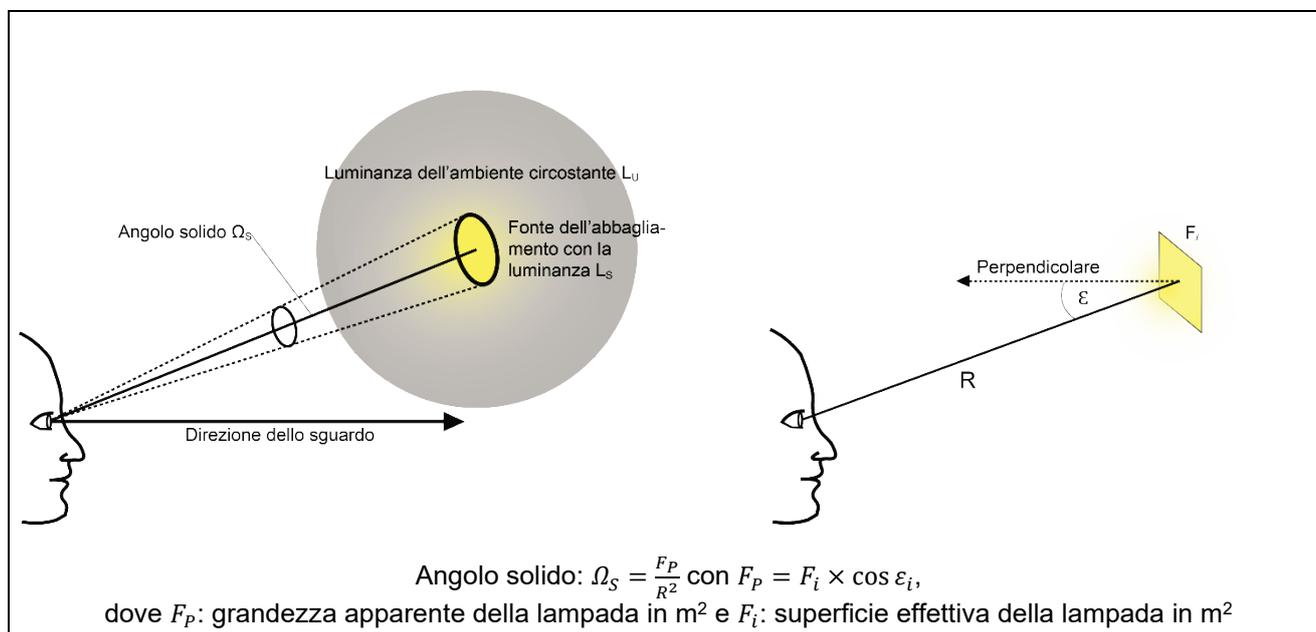
$$k_S = \overline{L}_S \times \sqrt{\frac{\Omega_S}{L_U}}$$

Dove:

- $\overline{L}_S$ : luminanza media della fonte di luce abbagliante in  $cd/m^2$
- $L_U$ : luminanza dell'ambiente della fonte di luce abbagliante in  $cd/m^2$
- $\Omega_S$ : angolo solido della fonte di luce abbagliante osservata dal luogo di immissione in sr

**Figura 6**

Schizzi per illustrare le dimensioni che influenzano l'abbagliamento molesto e che devono essere determinate per il calcolo del livello di abbagliamento  $k_S$  (secondo: LiTG 12.3-2011).



Il campo d'applicazione dell'equazione 1 è limitato:

- alla luminanza dell'ambiente circostante  $L_U$  compresa tra 0,1 e 10 cd/m<sup>2</sup> (se la luminanza dell'ambiente circostante misurata è inferiore a 0,1 cd/m<sup>2</sup>, viene calcolata con  $L_U = 0,1$  cd/m<sup>2</sup>);
- angolo solido  $\Omega_S$  compreso tra 10<sup>-6</sup> e 10<sup>-2</sup> sr:
  - al di sotto di  $\Omega_S = 10^{-6}$  sr la fonte è «puntiforme». In tal caso, per la valutazione dell'abbagliamento è determinante la luminosità (dell'abbagliamento)  $E_s$  (in lux), che non può superare un valore di  $10^{-3} \times k \times \sqrt{L_U}$ . Per  $k$  si deve indicare il valore numerico determinante di cui alla tabella 7,
  - al di sopra di  $\Omega_S = 10^{-2}$  sr si ha una grande «fonte piana». In tal caso l'angolo solido non ha più alcuna importanza. Nell'equazione viene stabilito  $\Omega_S = 10^{-2}$  sr. Ne consegue che la luminanza media della fonte dell'abbagliamento  $\overline{L}_S$  non deve superare il valore di  $10 \times k \times \sqrt{L_U}$ . Per  $k$  si deve indicare il valore numerico determinante di cui alla tabella 7.

**Tabella 7**

**Valore indicativo  $k$  per la valutazione dell'abbagliamento molesto secondo la zona periferica**

Zona periferica (secondo la tab. 4)	Valore indicativo $k$	
	Al di fuori del periodo di riposo notturno	Periodo di riposo notturno (ore 22-6)
E0, completamente buio: Dark Sky Park, ambienti naturali degni di protezione, parchi nazionali ecc.	0	0
E1, buio: zone rurali relativamente disabitate	32	0
E2, luminosità scarsa dell'area: zone scarsamente popolate, mere zone residenziali ecc.	64	32
E3, luminosità media dell'area: insediamenti rurali e urbani ben popolati	96	32
E4, luminosità elevata dell'area: centri urbani e d'affari	160	32

Indicazioni in merito al margine di discrezionalità dell'autorità esecutiva nell'applicazione dei valori indicativi per la valutazione dell'effetto di disturbo sono riportate nel capitolo 5.4. Ulteriori indicazioni per la valutazione dell'abbagliamento molesto si trovano nell'allegato A6.3.

#### **Valutazione dell'abbagliamento molesto mediante luminosità per l'illuminazione di campi sportivi**

Per valutare l'abbagliamento molesto in relazione alle infrastrutture sportive, per il momento si raccomanda di esigere il rispetto dei valori normativi per le luminosità in direzione dei luoghi di immissione prescritti dalla norma SN EN 12193 «Illuminazione sportiva». I rispettivi valori indicativi variano a seconda della zona periferica (zone buie o zone con scarsa, media ed elevata luminosità dell'area). I valori indicativi concreti sono riportati nell'allegato A3.4.2.

---

## **5.4 Applicazione dei valori indicativi e potere discrezionale nella valutazione dell'effetto di disturbo nel singolo caso**

Se, dopo l'attuazione delle misure precauzionali per la limitazione delle emissioni, l'autorità ha motivo di ritenere che le immissioni ancora presenti potrebbero perturbare considerevolmente il benessere degli interessati, sono necessari dei chiarimenti. Tali chiarimenti comprendono la determinazione delle immissioni nel relativo luogo di residenza e la loro valutazione. In questo contesto si può ricorrere ai valori indicativi dei capitoli 5.2 (illuminazione di spazi abitativi) e 5.3 (abbagliamento molesto). I valori indicativi fungono in linea di massima da ausilio per orientarsi e lasciano all'autorità esecutiva un certo potere discrezionale nella valutazione dell'effetto di disturbo nel singolo caso.

Se i valori indicativi sono rispettati, si può presumere che gli effetti della luce non siano di regola considerevolmente molesti ai sensi della LPAmb.

Se i valori indicativi (o normali per le infrastrutture sportive) sono superati, occorre esaminare in modo approfondito sulla base dell'articolo 14 LPAmb se gli effetti della luce sono considerevolmente molesti nel singolo caso. Spetta quindi all'autorità esecutiva, nell'ambito del suo margine di valutazione, negare un grave disturbo, in casi motivati, nonostante i valori indicativi siano superati. In questa valutazione approfondita del singolo caso si devono considerare tutti gli aspetti che influiscono sull'effetto di disturbo, in particolare i fattori di cui al capitolo 5.1.2.

Un motivo per non ritenere considerevolmente molesti gli effetti nonostante il superamento dei valori indicativi potrebbe essere il fatto che tali valori vengono superati solo in caso di eventi rari, che si verificano unicamente in pochi giorni dell'anno. Il numero di eventi rari può essere stimato da 15 a 20 giorni al massimo. Un disturbo considerevole può essere negato nel singolo caso anche se le immissioni luminose di un impianto sono percepite e largamente accettate come tipiche del luogo oppure sono destinate a rispecchiare una tradizione (cfr. in proposito la sentenza del TF 1C\_252/2017 del 5 ottobre 2018, consid. 5.2 e 8; DTF 140 II 33, consid. 6.2 concernente le illuminazioni natalizie).

Se le immissioni sono giudicate considerevolmente moleste, l'autorità competente deve ordinare misure più severe per la limitazione delle emissioni (cfr. piano in 7 punti secondo la fig. 2 al cap. 3) fino a quando il considerevole disturbo non è eliminato (art. 11 cpv. 3 LPAmb; cfr. anche l'art. 17 cpv. 2 LPAmb).

---

## 6 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni luminose diurne

Per effetto potenzialmente dannoso o molesto nel campo d'applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente (*LPAmb*; *RS 814.01*) s'intende, oltre all'illuminazione artificiale notturna, anche la luce solare modificata dalla costruzione o dall'esercizio di impianti. Si pensi ad esempio alla riflessione della luce solare su facciate, vetrate o impianti solari (cfr. cap. 6.1) o a una modifica della luce causata dalle pale rotanti dei rotori di un impianto eolico (cfr. cap. 6.2).

### 6.1 Riflessione della luce solare

#### 6.1.1 In generale

La luce solare riflessa su elementi artificiali come facciate in vetro, rivestimenti metallici, finestre, impianti fotovoltaici o collettori solari rientra tra gli effetti contemplati dal campo d'applicazione della *LPAmb*. Di conseguenza, essi devono rispettare il principio della limitazione precauzionale delle emissioni (1° livello di limitazione delle emissioni) e non devono provocare effetti dannosi o molesti nel vicinato (2° livello di limitazione delle emissioni, cfr. all. A3.2.1).

La riflessione della luce solare su elementi artificiali avviene di frequente nella vita quotidiana a causa dei materiali edili presenti. Essa diviene rilevante dal punto di vista del diritto ambientale soltanto se si presenta regolarmente in un luogo, per un certo periodo di tempo, e gli abitanti ne sono interessati. La *LPAmb* non contempla i fenomeni naturali quali la riflessione sulle superfici lacustri o sulla neve.

L'effetto di abbagliamento delle superfici riflettenti dipende essenzialmente dall'intensità della riflessione e dalla sua durata d'azione. L'intensità della riflessione dipende a sua volta dalle caratteristiche superficiali del materiale e dall'angolo di irraggiamento del sole. Con trattamenti speciali della superficie (cosiddette superfici di vetro «antiriflesso») si può ridurre l'intensità della riflessione aumentando la diffusione della luce riflessa. Grazie al risultante allargamento del fascio del raggio di sole riflesso, l'intensità nel luogo d'azione è minore, ma la durata dell'effetto può prolungarsi. In vista di una riduzione dell'effetto di abbagliamento nell'ambiente circostante, a seconda della situazione sono quindi opportune soluzioni differenti per quanto riguarda il grado di riflessione dei materiali impiegati.

Esistono già alcune decisioni giudiziarie sul tema. In tali sentenze, una durata di abbagliamento di 50 minuti al giorno verificatasi per diverse settimane è stata ritenuta inammissibile. Sono state considerate ragionevoli durate d'azione da 20 a poco meno di 30 minuti al giorno (EBP 2016).

#### Impianti solari

Una decisione del Tribunale federale (sentenza *1C\_177/2011* del 9 febbraio 2012) riguardava i collettori solari installati su un immobile privato a Burgdorf (BE) che, riflettendo la luce solare, provocavano un abbagliamento

---

su un fondo vicino situato un po' più in alto. Il Tribunale federale è giunto alla conclusione che in tal caso non sussistono immissioni luminose dannose o moleste ai sensi della LPAmb (2° livello LPAmb). Ha tuttavia affermato che, in linea di massima, le emissioni alla fonte devono essere limitate preventivamente nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche (1° livello LPAmb). Nel caso in esame, il Tribunale federale non ha intravisto alcuna possibilità di riduzione proporzionata. Ha affermato però che il principio di prevenzione della LPAmb obbliga a utilizzare prodotti con il minor effetto di abbagliamento possibile e ciò vale anche se i collettori solari non necessitano di un'autorizzazione edilizia.

Quali impianti solari necessitano di un'autorizzazione edilizia e quali sono esclusi da questo obbligo è disciplinato a livello federale dal *diritto in materia di pianificazione del territorio*. Conformemente all'articolo 18a della legge sulla pianificazione del territorio (LPT; RS 700), in vigore dal 1° maggio 2014, «impianti solari sufficientemente adattati» ai tetti nelle zone edificabili e nelle zone agricole non necessitano in linea di massima più di un'autorizzazione edilizia, ma devono essere unicamente notificati all'autorità competente. Gli impianti solari nell'ambito di monumenti culturali o naturali d'importanza cantonale o nazionale rimangono invece soggetti all'obbligo di autorizzazione.

Secondo l'ordinanza sulla pianificazione del territorio (OPT; RS 700.1), un impianto solare è «sufficientemente adattato a un tetto» se, tra l'altro, in base allo stato della tecnica, presenta un basso grado di riflessione (art. 32a cpv. 1 lett. c OPT).

### 6.1.2 Indicazioni per la valutazione

- In mancanza di basi empiriche sul potenziale di disturbo della luce solare riflessa in funzione della sua intensità e durata d'azione, non è possibile indicare alcun valore limite o indicativo per la valutazione. I criteri applicati occasionalmente in caso di ombre proiettate periodiche di impianti eolici (cfr. cap. 6.2) sono ritenuti inadeguati per la valutazione di un abbagliamento costante.
- Se una riflessione è, nel singolo caso, eccessiva o ragionevole deve pertanto continuare a essere deciso sulla base di sopralluoghi e della valutazione soggettiva di esperti. Di seguito sono riportate indicazioni su un possibile modo di procedere.
- Quando si effettua una valutazione, non si devono considerare le immissioni sull'intero fondo, ma soltanto nei luoghi in cui le persone soggiornano per un periodo prolungato, come locali d'abitazione, balconi o posti in giardino. Non sono luoghi di immissioni rilevanti dal punto di vista del diritto ambientale le strade, i marciapiedi ecc., dove di regola si è in movimento.
- Nelle sentenze giudiziarie, l'eccessività è valutata in base alla durata e alla frequenza degli abbagliamenti. Nell'ambito di tale valutazione si deve considerare se si è in presenza di durate effettive degli abbagliamenti, misurate, osservate o calcolate in condizioni realistiche (tenendo conto dell'allargamento del fascio e della correzione meteorologica) o se gli abbagliamenti sono stati previsti sulla base di semplici supposizioni (senza allargamento del fascio e senza correzione meteorologica). In quest'ultimo caso, la frequenza e la durata degli abbagliamenti causati dalla riflessione su superfici strutturate (ad es. impianti solari) sono sottovalutate rispetto alla realtà.

### 6.1.3 Indicazioni in merito alla previsione

L'impegno necessario per prevedere l'effetto di abbagliamento di superfici riflettenti varia a seconda della situazione. Mentre in alcuni casi è già possibile fare affermazioni chiare senza grande sforzo, in altri casi occorrono considerazioni più ampie e in determinate circostanze sono addirittura necessarie simulazioni e

misurazioni impegnative. Di seguito sono riportate indicazioni in merito a una procedura a più livelli per i relativi chiarimenti (Blattner 2015).

### A) Valutazione sommaria

Per una prima valutazione sommaria occorrono dati sul tipo, sull'ubicazione, sulle dimensioni e sull'orientamento della superficie riflettente, nonché sul genere e l'ubicazione dei luoghi di immissione (cfr. tab. 9). Queste informazioni consentono una valutazione sommaria con l'ausilio della tabella 8.

**Tabella 8**

#### Potenziale di abbagliamento in diverse situazioni

Potenziale di abbagliamento	Superficie riflettente	Ubicazione del luogo di immissione
Nessun abbagliamento	Orientamento verso nord	A sud
	Orientamento verso nord e montaggio piatto della superficie riflettente (ad es. modulo fotovoltaico)	Più bassa e a nord
	Orientamento verso sud	A nord
	Orientamento verso est	A sud, ovest o nord-ovest
	Orientamento verso ovest	A nord-est, est o sud
Solo breve abbagliamento		Se la distanza tra il luogo di immissione e la superficie riflettente è più di 9 volte superiore al suo diametro, gli abbagliamenti durano meno di 30 minuti.
Potenziale di abbagliamento	Orientamento verso nord	A nord allo stesso livello o più in alto
	Forte inclinazione del collettore (altezza) superiore a 60°	Al di sopra della superficie riflettente
Nessuna stima di base possibile	Tutte le altre situazioni non menzionate in questa sede	

- Se una valutazione sommaria non consente di escludere un abbagliamento, occorre effettuare una più estesa.

Tabella 9

Informazioni in merito alla documentazione della superficie riflettente e dell'ambiente circostante per prevedere eventuali abbagliamenti

Entità del chiarimento	Documentazione	Contenuto
A) Valutazione sommaria	Situazione	Rappresentazione cartografica delle circostanze, eventualmente immagine aerea del terreno
	Superficie riflettente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo (facciata in vetro, modulo fotovoltaico, ecc.), fabbricante</li> <li>• Ubicazione</li> <li>• Dimensioni</li> <li>• Orientamento</li> </ul>
	Luoghi di immissione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo e ubicazione dei luoghi di immissione (ad es. spazi abitativi, balconi o posti in giardino)</li> </ul>
B) Valutazione estesa	Superficie riflettente: informazioni supplementari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinate e dati altimetrici del punto mediano dell'impianto</li> <li>• Coordinate e dati altimetrici dei quattro punti cardine dell'impianto</li> <li>• Orientamento della superficie riflettente: azimut in gradi (orientamento rispetto al nord, dove N: 0°, E: 90°, S: 180°, O: 270°)</li> <li>• Inclinazione della superficie riflettente: elevazione in gradi (dove piano: 0°, perpendicolare: 90°)</li> <li>• Informazioni in merito al comportamento di riflessione della superficie riflettente (ad es. con rivestimento antiriflesso, testurizzata, ad ampia diffusione)</li> </ul>
	Luoghi di immissione: informazioni supplementari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinate e dati altimetrici dei luoghi e punti di immissione rilevanti</li> </ul>
	Situazione: informazioni supplementari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orizzonte dal punto di vista della superficie riflettente (ad es. ombre di montagne, costruzioni elevate ecc.)</li> </ul>
	Calcoli semplici*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramma dell'altezza del sole nel luogo della superficie riflettente (tenendo conto dell'orizzonte)</li> <li>• Diagrammi di riflessione della superficie riflettente per ciascun luogo di immissione</li> </ul>
C) Valutazione completa	Informazioni supplementari in merito al comportamento di riflessione (allargamento del fascio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coefficiente di riflessione per qualsiasi angolo d'incidenza e di osservazione (cosiddetta funzione bidirezionale di distribuzione della riflettanza o <i>bidirectional reflectance distribution function</i>, BRDF)</li> <li>• In alternativa: immagini della luminanza o fotografie della superficie riflettente al momento degli abbagliamenti per determinare l'allargamento del fascio</li> </ul>
	Condizioni climatiche locali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correzione meteorologica risolta nel tempo per i periodi nei quali possono effettivamente verificarsi abbagliamenti</li> </ul>
	Calcolo completo della distribuzione della luminanza nel luogo di immissione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensità della luce solare riflessa che si verifica in ciascun luogo di immissione (luminanza in <math>\text{cd/m}^2</math>) e durata dell'azione</li> </ul>

---

## B) Valutazione estesa

Per una valutazione estesa sono necessarie informazioni supplementari in merito alla superficie riflettente e ai luoghi di immissione (cfr. tab. 9). Queste informazioni consentono calcoli semplici<sup>7</sup>:

- il diagramma dell'altezza del sole illustra l'altezza del sole (angolo rispetto all'azimut) sull'intero arco dell'anno per il luogo in cui si trova la superficie riflettente. Se pertinente, l'orizzonte deve essere preso in considerazione dal punto di vista della superficie riflettente (ad es. zona d'ombra delle montagne, costruzioni elevate ecc.);
- partendo dal diagramma dell'altezza del sole, in base all'orientamento e all'inclinazione della superficie riflettente, si può calcolare in quale direzione si riflette la luce solare. Tale calcolo è illustrato in un diagramma di riflessione;
  - se in direzione dei fenomeni di riflessione non si trovano luoghi di immissione, è possibile escludere abbagliamenti;
  - se invece i luoghi di immissione si trovano in questa direzione, si deve calcolare se, quando e per quanto tempo ogni singolo punto di immissione (ad es. una determinata stanza, un determinato balcone o un determinato posto in giardino) è interessato da fenomeni di riflessione:
    - se il punto di immissione è situato chiaramente al di fuori dei raggi riflessi, non si prevedono abbagliamenti,
    - se invece il punto di immissione si trova chiaramente all'interno dei raggi riflessi, si prevedono abbagliamenti. Se la durata di abbagliamento calcolata è considerata eccessiva, occorre esaminare ed eventualmente adottare misure per ridurre l'abbagliamento (cfr. cap. 6.1.4),
    - in caso di dubbi circa l'insorgenza e la durata degli abbagliamenti, è necessaria una valutazione ancora più completa.

Quando si usano semplici strumenti di calcolo, si deve considerare che spesso essi tengono conto solo della riflessione diretta dei raggi solari in arrivo (angolo di incidenza = angolo riflesso). A seconda delle caratteristiche superficiali del materiale riflettente (strutturazione, ad es. anche per gli impianti solari) e dell'angolo d'incidenza, in realtà i raggi solari non sono solo riflessi direttamente, ma anche in maniera diffusa. Grazie al risultante allargamento del fascio del raggio di sole riflesso (tipicamente da 5 a 20°), la sua intensità nel luogo d'azione è minore, ma la durata dell'effetto può prolungarsi (di un fattore da due a cinque).

Impiegando strumenti che tengono conto solo della riflessione diretta per calcolare la riflessione della luce solare su superfici (in vetro) strutturate, si sottovalutano il numero di eventi di abbagliamento e le relative durate.

## C) Valutazione completa

I calcoli per una valutazione completa devono includere la dimensione apparente del sole (0,5°), l'allargamento del fascio (0–20°), le condizioni climatiche locali (correzione meteorologica) e l'incertezza circa l'orientamento della superficie riflettente (ad es. a seguito del montaggio) (cfr. tab. 9).

Per tener conto dell'allargamento del fascio, il coefficiente di riflessione deve essere noto per qualsiasi angolo di incidenza e di osservazione. Idealmente, il materiale riflettente è dotato di una funzione bidirezionale di distribuzione della riflettanza (BRDF). In caso contrario, in alternativa, l'allargamento del fascio può essere determinato con l'ausilio di immagini della luminanza o fotografie dalle quali è possibile desumere la dimensione degli angoli della macchia di luce e quindi l'estensione angolare del raggio di sole riflesso. Ritenuto che

<sup>7</sup> Per calcoli semplici di eventuali effetti di abbagliamento nei luoghi di immissione sono a disposizione strumenti elettronici.

---

l'allargamento del fascio è fortemente dipendente dall'angolo di irraggiamento, di solito sono necessarie più immagini riportanti posizioni diverse del sole riflesso.

In caso di correzione meteorologica si deve considerare che essa avviene al meglio con un'ottima risoluzione temporale per i periodi nei quali possono teoricamente verificarsi gli abbagliamenti.

I calcoli completi devono fornire informazioni in merito all'intensità della luce solare riflessa nel luogo di immissione (luminanza) e alle relative durate di immissione.

Se la luce in entrata è talmente intensa che l'occhio non riesce più ad adattarsi alle condizioni luminose, si parla di abbagliamento assoluto. Tale fenomeno si manifesta a partire da una luminanza compresa tra 10 000 e 160 000 cd/m<sup>2</sup> (SSK 2006). A seconda della sua posizione, il sole presenta una luminanza compresa tra 6 milioni (all'orizzonte) e 1,6 miliardi di cd/m<sup>2</sup> (a mezzogiorno). Anche se viene riflessa solo una frazione della luce solare, ciò comporta intensità superiori alla soglia dell'abbagliamento assoluto.

#### **6.1.4 Indicazioni in merito alle misure**

Se nell'ambito della pianificazione di nuovi impianti o della valutazione di superfici riflettenti esistenti gli abbagliamenti previsti o rilevati sono giudicati eccessivi, devono essere esaminate e attuate misure di riduzione degli effetti, come ad esempio:

- realizzazione o spostamento dell'impianto in un altro luogo;
- copertura temporanea della superficie riflettente (ad es. mediante tapparelle esterne sulle facciate di vetro);
- modifica dell'orientamento dell'impianto e/o dell'inclinazione del collettore (nel caso di impianti solari);
- riduzione delle dimensioni dell'impianto (nel caso di impianti solari);
- scelta di materiale idoneo (a seconda della situazione, riduzione della durata di abbagliamento mediante superfici lisce o riduzione dell'intensità mediante superfici strutturate; eventualmente applicazione di rivestimenti);
- protezione visiva tra la superficie riflettente e il luogo di immissione mediante pareti di protezione, vegetazione fitta, frangivista ecc.;
- ombreggiatura della superficie di riflessione o prevenzione di angoli critici di irraggiamento mediante frangivista (possibile solo per angoli di irraggiamento molto piatti).

---

## 6.2 Effetti luminosi causati da impianti eolici

### 6.2.1 In generale

La luce solare modificata artificialmente dalle pale rotanti del rotore di un impianto eolico può manifestarsi come effetto molesto ai sensi dell'articolo 7 capoverso 1 LPAmb a causa, da un lato, della sua riflessione (lampi di luce, «effetto disco») e, dall'altro, dell'interruzione in rapida sequenza, denominata ombra proiettata periodica, «effetto stroboscopico» o «sfarfallamento» causato artificialmente. Questi effetti si manifestano tuttavia solo in presenza di sufficiente luce solare e vento (UFE 2008, LAI 2020). Nell'ambito della Strategia energetica 2050, l'importanza degli impianti eolici continuerà a crescere. Di conseguenza, anche la tematica dei lampi di luce e dell'ombra proiettata periodica, acquisisce importanza, sia nell'ambito degli esami dell'impatto sull'ambiente (EIA) che dei ricorsi.

I lampi di luce dipendono dalla brillantezza della superficie del rotore e dalla rifrazione del colore scelto. L'impiego di colori opachi per il rivestimento del rotore, come prevede lo standard per gli impianti moderni, può ridurre l'intensità di eventuali riflessioni della luce solare e il conseguente disturbo (LAI 2020).

I disturbi causati dall'ombra proiettata periodica o da sfarfallamenti artificiali negli spazi abitativi e lavorativi o nei giardini nelle vicinanze possono essere limitati o evitati mediante una pianificazione accurata dell'impianto. La loro insorgenza può essere limitata da un'adeguata scelta dell'ubicazione e dallo spegnimento temporaneo dell'impianto.

Attualmente, in Svizzera non esistono valori limite o indicativi a partire dai quali le immissioni di impianti eolici in un determinato luogo debbano essere considerate dannose o moleste. L'autorità incaricata dell'applicazione del diritto (l'autorizzazione di questi impianti compete ai Cantoni e ai Comuni) deve pertanto valutare nel singolo caso, direttamente sulla base della LPAmb, quando le immissioni di luce devono essere considerate dannose o moleste. A tal fine, essa può basarsi su indicazioni di esperti e servizi specializzati o anche tenere in considerazione valori limite e indicativi di normative private o estere, purché i loro criteri di valutazione siano compatibili con quelli del diritto ambientale svizzero.

### 6.2.2 Indicazioni per la valutazione

Costituiscono direttive a tale riguardo le indicazioni per l'individuazione e la valutazione di immissioni ottiche provocate da impianti eolici (Indicazioni relative all'ombra proiettata da impianti eolici) («Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen [WKA-Schattenwurfhinweise]») della comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni («Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz» [(LAI)] del 2002, aggiornata nel 2020. La LAI applica queste indicazioni nell'ambito della valutazione dei due summenzionati effetti provocati dagli impianti eolici sull'uomo, e ciò nell'ottica di un'esecuzione uniforme della legge federale tedesca sulla protezione dalle immissioni («Bundes-Immissionsschutzgesetzes, BImSchG») (cfr. all. A3.4.3).

Secondo le Indicazioni relative all'ombra proiettata da impianti eolici («WKA-Schattenwurfhinweise») della LAI, un disturbo provocato da ombre proiettate periodiche è considerato ragionevole se la durata massima d'azione dal punto di vista astronomico nel rispettivo luogo di immissione (tenendo conto dei contributi di tutti gli impianti eolici) non supera le 30 ore all'anno e i 30 minuti al giorno. In caso di una durata d'azione maggiore, la LAI prende in considerazione misure tecniche volte a limitare nel tempo l'esercizio dell'impianto eolico, ad esempio mediante un dispositivo di spegnimento automatico.

---

Ritenuto che il valore di 30 ore per anno civile è stato sviluppato sulla base dell'ombra possibile dal punto di vista astronomico, per i dispositivi di spegnimento automatico viene fissato un relativo valore per la durata effettiva e reale dell'ombra, ossia la durata meteorologica dell'ombra. Questo valore è pari a 8 ore all'anno. Secondo la LAI, un impianto eolico deve quindi essere spento se di fatto l'effetto di disturbo è superiore a 8 ore all'anno.

Il valore indicativo di 30 minuti al giorno vale, per gli impianti pianificati, per la durata massima possibile dell'ombra dal punto di vista astronomico mentre, per gli impianti esistenti, per la durata effettiva della stessa. In caso di superamento di tale valore indicativo per almeno tre giorni, l'ombra proiettata periodica giornaliera deve essere limitata a 30 minuti.

I lampi di luce («effetto disco») non costituiscono di regola un problema per gli impianti eolici moderni poiché il rivestimento antiriflettente dei rotori è la norma (UBA 2019). I lampi di luce dovuti all'umidità o alla formazione di ghiaccio non sono presi in considerazione conformemente alle Indicazioni relative all'ombra proiettata da impianti eolici («WKA-Schattenwurfhinweise»).

### **6.2.3 Indicazioni in merito alla previsione**

L'ombra proiettata da un impianto eolico dipende dalla posizione del sole, dalle condizioni meteorologiche, dalla direzione e dalla velocità del vento, nonché dagli orari di esercizio. L'andamento giornaliero e annuale dell'ombra proiettata da un impianto eolico può essere calcolato mediante gli strumenti di pianificazione elettronici usuali nell'ambito di una previsione. Tali strumenti di pianificazione necessitano di informazioni in merito alle ubicazioni degli impianti e ai luoghi di immissione sensibili, che comprendono tutti i locali in cui le persone soggiornano per un periodo prolungato (ad es. spazi abitativi, d'ufficio, d'insegnamento), nonché le superfici esterne direttamente adiacenti agli edifici, come balconi o terrazze. Anche le zone di fondi non edificati in cui sono ammessi tali spazi sono considerate luoghi d'immissione sensibili.

Con gli strumenti di pianificazione è possibile calcolare la durata massima possibile dell'ombra proiettata dal punto di vista astronomico per tutti i luoghi di immissione sensibili circostanti (scenario peggiore). La durata massima possibile dell'ombra proiettata dal punto di vista astronomico corrisponde al periodo di tempo durante il quale il sole splende ininterrottamente dall'alba al tramonto in un cielo senza nubi, la superficie del rotore è perpendicolare all'irraggiamento solare e l'impianto eolico è in funzione. Gli strumenti di pianificazione consentono inoltre di determinare, tenendo conto delle condizioni meteorologiche abituali (ad es. le serie di misurazioni a lungo termine di MeteoSvizzera), la durata probabile dell'ombra dal punto di vista meteorologico. In linea di massima si considera che, ad est e ad ovest, a partire da una distanza di oltre 1000 e fino a 1400 m (a seconda dell'altezza dell'impianto eolico da 150 a 200 m), l'ombra è sempre più diffusa e non è più percepita (LfU 2016).

Se nell'ambiente circostante sono presenti luoghi di immissione sensibili, si dovrebbe allestire una perizia specialistica in merito all'ombra proiettata, che indichi la durata massima possibile dell'ombra proiettata dal punto di vista astronomico e quella probabile dal punto di vista meteorologico, in tutti i luoghi di immissione sensibili.

---

#### **6.2.4 Indicazioni in merito alle misure**

- I disturbi causati dall'ombra proiettata periodica o da sfarfallamenti artificiali in luoghi di immissione sensibili possono essere ridotti al minimo o addirittura evitati mediante una pianificazione accurata e una scelta adeguata dell'ubicazione dell'impianto eolico.
- Se la previsione mostra che in un determinato luogo di immissione la durata dell'ombra proiettata si situerà al di sopra della soglia critica, è possibile proporre e prevedere misure di miglioramento già nella fase di progettazione e di autorizzazione.
- I moderni impianti eolici possono essere dotati di dispositivi di spegnimento automatico che, mediante sensori di irraggiamento o di luminosità, rilevano la situazione meteorologica concreta per quanto attiene l'ombra, limitando dunque la durata dell'ombra di fatto presente sul posto.

---

# 7 Procedura

## 7.1 Regolamentazione delle competenze

Competenti sia per la procedura di pianificazione e valutazione di impianti nuovi o modificati sia per il trattamento di reclami in relazione alle emissioni luminose sono in linea di massima le autorità amministrative e giudiziarie designate dal diritto cantonale (cfr. art. 36 LPAmb). Ad esempio, quindi, le decisioni in merito all'installazione di un'illuminazione stradale sono di competenza dell'ufficio tecnico comunale o della divisione delle costruzioni cantonale. A seconda del regolamento cantonale delle competenze, le autorità edilizie coinvolgono i servizi cantonali specializzati in materia di protezione dell'ambiente e, se sono interessate specie protette, minacciate o di cui la Svizzera è responsabile o spazi vitali degni di protezione, i servizi specializzati in materia di natura e paesaggio.

Per gli impianti d'illuminazione delle infrastrutture federali sono competenti le autorità federali (cfr. art. 41 cpv. 2 LPAmb). La procedura è di regola condotta da un'autorità direttiva che consulta l'UFAM quale autorità specializzata interessata.

La Confederazione vigila in generale sull'esecuzione della legge sulla protezione dell'ambiente, coordina le misure esecutive ed emana prescrizioni d'esecuzione e relativi aiuti.

## 7.2 Piano direttore e di utilizzazione

Nella pratica, le emissioni luminose possono essere ridotte a diversi livelli nell'ambito di processi di pianificazione (del territorio):

- *piani direttori*: i principi pianificatori per la riduzione delle emissioni luminose possono già essere stabiliti nel piano direttore. Si può ad esempio stabilire di evitare il più possibile l'illuminazione artificiale del cielo notturno e di ottimizzare gli impianti d'illuminazione in modo da illuminare gli oggetti in modo mirato ed efficiente;
- *regolamenti edilizi e di utilizzazione, piani regolatori e piani delle zone comunali*: questi strumenti comunali di pianificazione disciplinano le modalità di costruzione e di utilizzazione dei fondi e possono quindi stabilire in modo vincolante anche la protezione dalle immissioni luminose. Essi rivestono grande importanza per la riduzione delle emissioni luminose. Ad esempio, a seconda della zona possono essere stabilite varie modalità di utilizzazione e prescrizioni in materia di emissioni. In un piano delle zone, un Comune può delimitare concretamente le zone in cui intende ammettere o vietare un determinato impiego della luce;
- *piani e strategie*: a complemento degli strumenti di pianificazione del territorio che disciplinano l'utilizzo e lo sviluppo di base di una regione o di un Comune, negli ultimi anni, in alcuni luoghi sono stati sviluppati anche piani o strategie di illuminazione specifici, denominati ad esempio «Piano di illuminazione». Questi strumenti tengono conto degli effetti della luce sia sui vicini sia sulle specie, gli spazi vitali e i paesaggi (ulteriori indicazioni nell'all. A4).

## 7.3 Procedura di autorizzazione

### 7.3.1 Obbligo di autorizzazione

Secondo la legge federale sulla pianificazione del territorio (LPT) e il diritto edilizio cantonale, gli impianti d'illuminazione e gli impianti e le costruzioni con illuminazioni integrate possono essere soggetti a un obbligo di autorizzazione (cfr. all. A3.2.4). Nell'ambito delle relative procedure di autorizzazione (edilizia) occorre verificare caso per caso se le vigenti prescrizioni del diritto ambientale, in particolare quelle relative alle emissioni luminose, sono rispettate. Il diritto cantonale disciplina quali impianti e costruzioni sottostanno all'obbligo di autorizzazione e quali sono esclusi da tale obbligo. Ritenuto che il diritto edilizio varia a seconda del Cantone e del Comune, non è disciplinato ovunque allo stesso modo quali illuminazioni necessitano di un'autorizzazione e quali non sottostanno a questo obbligo (cfr. all. A3.3).

Per decidere quali illuminazioni debbano essere assoggettate all'obbligo di autorizzazione o per quali illuminazioni integrate in edifici e impianti soggetti all'obbligo di autorizzazione si debbano richiedere documenti e misure nell'ambito della procedura di autorizzazione, può fungere da ausilio la valutazione della rilevanza di cui al capitolo 4.

### 7.3.2 Requisiti in materia di documentazione

Nell'ambito della procedura di autorizzazione, il titolare dell'impianto o il committente dovrebbe essere obbligato a presentare, quale parte integrante della documentazione della domanda, anche la documentazione relativa all'illuminazione o al piano di illuminazione. I requisiti in materia di documentazione si applicano sia ai nuovi impianti sia alla modifica o al risanamento di impianti esistenti (ad es. sostituzione delle lampade).

A seconda della rilevanza dell'impianto di illuminazione sono necessarie informazioni di diversa portata e grado di dettaglio (cfr. tab. 10).

**Tabella 10**

**Portata della documentazione secondo la rilevanza**

Indice di rilevanza secondo la matrice di cui alla figura 3	Portata della documentazione (contenuto cfr. tab. 11)	Commento
0	–	• Nessuna documentazione necessaria
1	Indicazioni di base	• Se per l'impianto è necessaria un'autorizzazione, la documentazione deve essere presentata nell'ambito della procedura di autorizzazione. • Se contro un impianto (anche non soggetto all'obbligo di autorizzazione) sono sollevate opposizioni, la documentazione deve essere presentata nell'ambito della relativa procedura di valutazione.
2	Indicazioni estese	• In caso di impianti con un impatto ridotto (0) sull'ambiente esterno o per gli impianti usuali in loco possono essere eccezionalmente sufficienti indicazioni di base.
3	Indicazioni complete	• In caso di impianti con un impatto medio (0) sull'ambiente esterno o per gli impianti usuali in loco possono essere eccezionalmente sufficienti indicazioni estese.
4	Indicazioni complete	–

I documenti presentati servono all'autorità per verificare se gli impianti da valutare sono conformi alla legislazione sulla protezione dell'ambiente. Nel capitolo 3.3 sono descritte misure generali, mentre nell'allegato A5 misure specifiche in funzione dell'impianto.

Se le indicazioni non sono sufficienti per una valutazione o se sono necessarie misure supplementari, la documentazione deve essere rielaborata o completata di conseguenza.

Tabella 11

## Documentazione relativa all'illuminazione nell'ambito delle procedure di autorizzazione

Documentazione	Titolo	Contenuto	
Indicazioni di base	Scopo dell'illuminazione	• Indicazioni sullo scopo dell'illuminazione	
	Piano di situazione	• Ubicazione dell'impianto di illuminazione o dei lampioni	
	Tecnologia di illuminazione	• Tecnologia impiegata (indicazioni di base)	
	Gestione del tempo	• Indicazioni in merito agli orari di esercizio ed eventualmente alle diverse condizioni di esercizio dell'illuminazione (ad es. intensità, aree illuminate in modo diverso in funzione dell'orario/periodo ecc.); • Eventuali indicazioni in merito alla regolazione in funzione del bisogno (in funzione dell'orario/periodo? Dinamica? Con sensori di movimento? Varialuce / cicli di regolazione in caso di adattamenti dinamici? ecc.)	
	Misure	• Misure previste per ridurre le emissioni luminose e valutarne l'impatto	
	Indicazioni estese	Schede dei dati delle lampade	• Rappresentazione mediante immagini (foto, schizzi di principio o simili) delle lampade utilizzate • Lampade / corpi luminosi impiegati (ad es. LED, lampada a vapori di sodio, lampada a vapori di alogenuri ecc.) • Colore della luce (temperatura del colore in Kelvin) / spettro • Flusso luminoso (in lumen) • Caratteristiche dell'emissione luminosa: curva di distribuzione della luce, a raggi simmetrici/asimmetrici ecc. • Distanza delle lampade dal suolo (cosiddetta altezza del punto luce) • Tipo di montaggio, orientamento delle lampade, forma e posizione della copertura in vetro • Eventuali limitazioni dell'abbagliamento e schermature • Indicazioni in merito alla regolazione (ad es. regolabilità, sensori di movimento ecc.)
		Ambiente circostante (cfr. cap. 4.4)	• Zona periferica conformemente alla tabella 4 nel capitolo 4.4 • Edifici residenziali nelle vicinanze • Ambienti naturali degni di protezione, spazi vitali di specie animali fotosensibili • Eventualmente topografia <sup>1)</sup> • Eventualmente natura del suolo <sup>2)</sup>
		Norme o altre prescrizioni	• Indicazioni in merito alle norme da rispettare o ad altre prescrizioni <sup>3)</sup>
		Calcoli relativi all'illuminazione	• Calcoli relativi all'illuminazione <sup>4)</sup> in base a: • superficie utile • superficie illuminata al di fuori della superficie utile • facciate di abitazioni adiacenti
	Indicazioni complete		

Indicazioni in merito alla tabella:

<sup>1)</sup> Caratteristiche topografiche particolari (ad es. pendenza, posizione più elevata) possono comportare situazioni con impatti particolari (ad es. sguardo diretto nelle lampade, effetto a distanza più elevato ecc.). Ciò deve essere tenuto in debita considerazione nell'ambito della pianificazione.

<sup>2)</sup> In determinati casi, anche la natura del suolo può essere rilevante per la configurazione di un'illuminazione. Infatti, a seconda del tipo di superficie, viene riflessa verso l'alto una quantità maggiore o minore di luce. In caso di neve, ad esempio, a causa del suo elevato grado di riflessione, per illuminare sufficientemente piste destinate allo sci alpino o di fondo sono di per sé già sufficienti intensità luminose ridotte.

<sup>3)</sup> Le norme (ad es. per postazioni di lavoro all'aperto, illuminazione di aree, infrastrutture sportive, strade ecc., cfr. all. A3.4) definiscono requisiti minimi per la qualità dell'illuminazione, mentre altre disposizioni (come ad es. regolamenti comunali in materia di pubblicità) piuttosto parametri massimi ammessi. Nell'ambito della valutazione dell'intensità prevista (ad es. rispetto delle prescrizioni massime; nessun adempimento eccessivo delle prescrizioni minime delle norme) si devono rispettare sia gli uni che gli altri.

<sup>4)</sup> Per gli impianti d'illuminazione che devono soddisfare le norme, nell'ambito della pianificazione sono solitamente comunque effettuati calcoli per dimostrare il rispetto delle prescrizioni (ad es. illuminamento orizzontale o uniformità) in relazione alla superficie utile prevista. Se si realizza un modello dell'impianto di illuminazione per le simulazioni, con un onere supplementare relativamente modesto è possibile ampliare questo modello con livelli di calcolo aggiuntivi, in modo da poter stimare anche gli effetti sulle abitazioni confinanti (in particolare illuminamento verticale per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi).

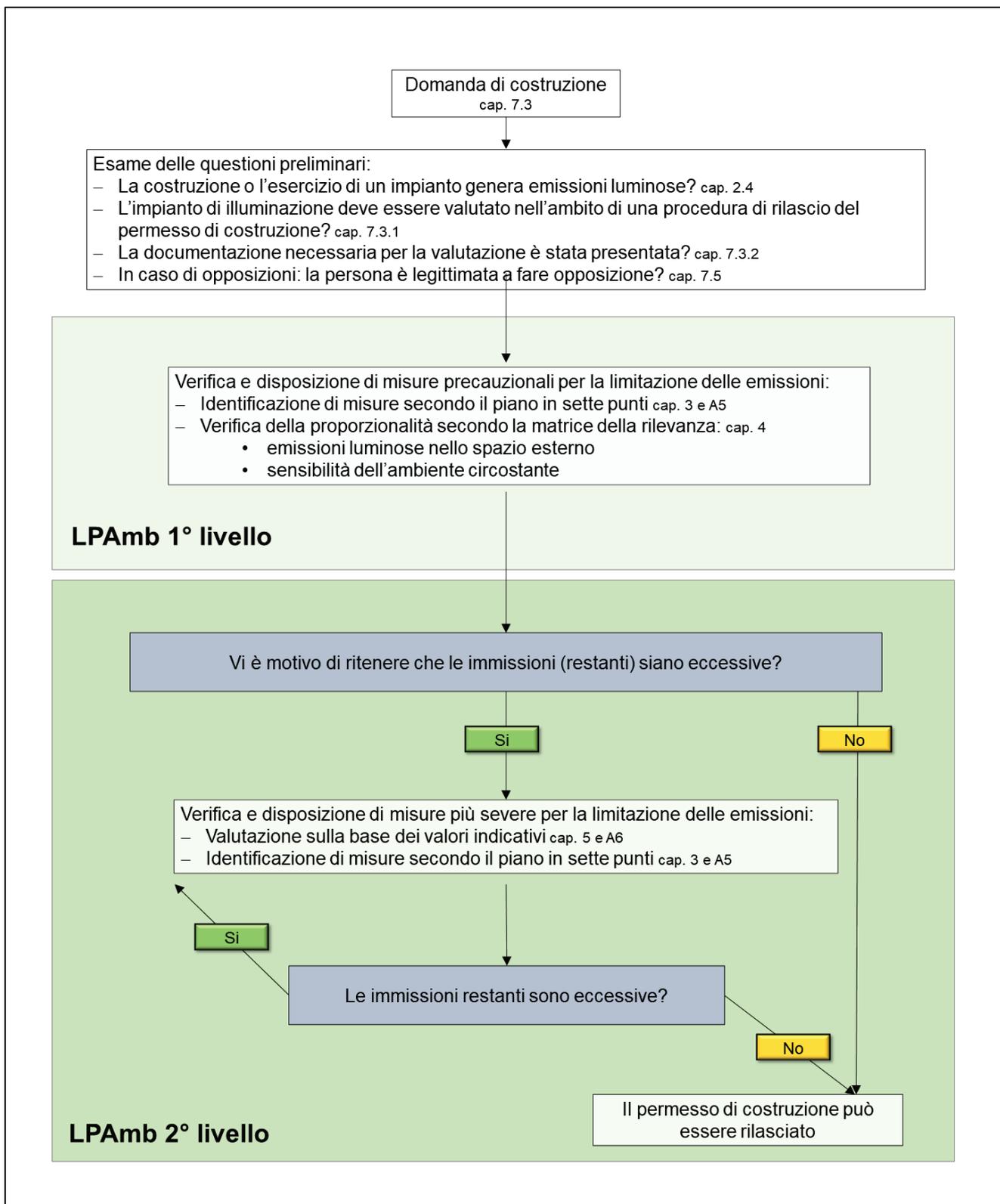
---

### 7.3.3 Procedura in caso di autorizzazioni

L'albero decisionale di cui alla figura 7 illustra il modo di procedere per l'autorizzazione di un impianto di illuminazione (come impianto singolo o come parte di un impianto complessivo):

- in primo luogo si deve verificare se la fattispecie da autorizzare rientra o meno nel campo d'applicazione della LPAmb. Questo è il caso se si tratta di un impianto la cui costruzione o il cui esercizio provoca emissioni luminose (cfr. cap. 2.4);
- la domanda che segue è sapere se l'illuminazione è soggetta ad autorizzazione o se deve essere valutata nell'ambito di una procedura di rilascio del permesso di costruzione richiesta per altri motivi. In caso affermativo, ci si deve assicurare che sia disponibile la documentazione necessaria per la valutazione (cfr. cap. 7.3.2);
- se sono presentate opposizioni al progetto edilizio, si deve verificare la legittimazione degli opposenti (cfr. cap. 7.5);
- una volta conclusa la verifica delle questioni preliminari, si devono valutare le emissioni luminose legate al progetto previsto sulla base dell'articolo 11 LPAmb. In una prima fase, si deve verificare conformemente all'articolo 11 capoverso 2 LPAmb se nella domanda di costruzione sono indicate tutte le misure precauzionali per limitare le emissioni luminose alla fonte. Si devono disporre tutte le misure la cui adozione è proporzionata. Per la valutazione ci si può basare sul piano in sette punti (cfr. cap. 3 e all. A5), nonché sulla matrice della rilevanza (cfr. cap. 4);
- se, dopo l'attuazione delle misure precauzionali per la limitazione delle emissioni, l'autorità che rilascia i permessi ha motivo di ritenere che le immissioni ancora presenti potrebbero essere eccessive per gli interessati (cfr. cap. 5 e all. A6), sono necessari chiarimenti approfonditi;
- giusta l'articolo 11 capoverso 3 LPAmb, devono essere esaminate e disposte ulteriori misure (più severe) per la limitazione delle emissioni (cfr. cap. 3 e all. A5) finché i valori indicativi non sono rispettati o le immissioni luminose non sono più considerate dannose o moleste.

**Figura 7**  
**Panoramica sulla procedura in caso di autorizzazioni**



---

## 7.4 Impianti di illuminazione non soggetti ad autorizzazione

Per gli impianti d'illuminazione non soggetti ad autorizzazione occorre osservare quanto segue:

- anche se gli impianti (d'illuminazione) non sottostanno a un obbligo di autorizzazione, devono rispettare la legge sulla protezione dell'ambiente e le prescrizioni applicabili a tutti gli impianti d'illuminazione previste nei piani comunali d'illuminazione, di utilizzazione o di zona, nonché nei regolamenti edilizi comunali. In assenza di una procedura di autorizzazione, ciò non viene tuttavia previamente verificato da un'autorità;
- le autorità competenti possono effettuare controlli d'ufficio o in seguito a reclami dei residenti e, se necessario, disporre restrizioni;
- proprio in caso di illuminazioni non soggette ad autorizzazione, l'informazione e la sensibilizzazione rivestono un ruolo importante, affinché i proprietari delle illuminazioni adottino di propria iniziativa, sulla base di buone conoscenze, misure volte a limitare le emissioni;
- una categoria particolare di illuminazioni non soggette ad autorizzazione è costituita da quelle private natalizie e ornamentali. Ulteriori informazioni in proposito sono disponibili nell'allegato A5.9.

## 7.5 Legittimazione dei residenti a opporsi e ricorrere

I residenti possono contestare emissioni luminose da loro ritenute inammissibili. Se è svolta una procedura di autorizzazione, devono farlo nell'ambito di tale procedura, ad esempio mediante opposizione. Secondo la giurisprudenza del Tribunale federale, sono legittimati a presentare opposizioni o reclami nell'ambito e al di fuori di procedure di autorizzazione, nonché a ricorrere, perlomeno i vicini che sono sicuramente o almeno con grande probabilità toccati da immissioni (ad es. luce) generate dalla costruzione o dall'esercizio dell'impianto in questione. In caso di effetti su vasta scala, può essere legittimata a interporre ricorso un'ampia cerchia di persone.

In caso di immissioni luminose, la persona deve di regola essere considerata toccata se esiste un collegamento visivo diretto con la fonte luminosa e se quest'ultima è chiaramente percettibile. Ciò deve essere di norma confermato in un raggio di 100 metri, se l'illuminazione supera una certa intensità minima. In assenza di un collegamento visivo diretto o in caso di grande distanza, l'illuminazione contribuisce a illuminare il cielo notturno visibile per praticamente tutti gli abitanti di una regione: in questi casi devono sussistere circostanze speciali affinché si possa ritenere che la persona sia particolarmente toccata. Se una persona è esposta a immissioni luminose chiaramente percepibili e che la concernono specificatamente, la valutazione deve essere effettuata sulla base di criteri qualitativi (tipo di luce) e quantitativi (ad es. illuminazione degli spazi abitativi). In questo contesto occorre considerare, in particolare, l'ambiente circostante e le emissioni luminose preesistenti al suo interno (DTF 140 II 214, consid. 2.3. seg.).

In caso di impianti di grandi dimensioni, la facoltà di ricorso può essere limitata a singole parti dell'impianto. Di conseguenza, le misure di limitazione delle emissioni possono eventualmente essere disposte solo per singole fonti di luce (ad es. luci sui tetti, manifesti pubblicitari illuminati) (cfr. DTF 140 II 214, Illuminazione della stazione di Oberrieden See).

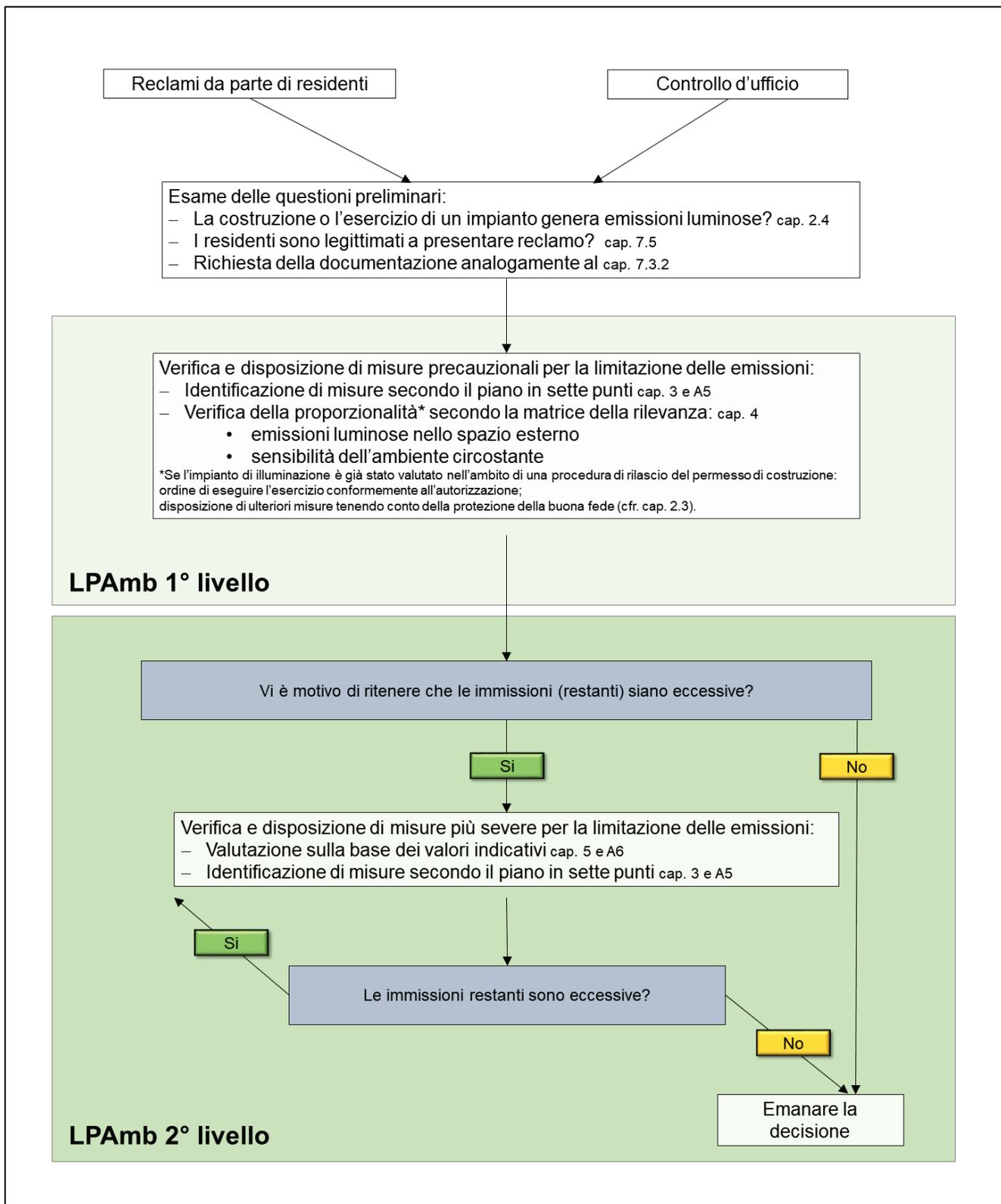
---

## 7.6 Procedura in caso di reclami e controlli d'ufficio

L'albero decisionale di cui alla figura 8 illustra il modo di procedere in caso di reclami o controlli d'ufficio:

- in primo luogo, l'autorità competente deve verificare se la fattispecie contestata o da controllare rientra nel campo d'applicazione della LPAmb. Questo è il caso se sono presenti emissioni luminose generate dalla costruzione o dall'esercizio di un impianto (cfr. cap. 2.4);
- in caso di reclami, occorre inoltre chiarire se i residenti interessati sono legittimati a presentare un reclamo (cfr. cap. 7.5);
- l'autorità deve quindi procedere a ulteriori chiarimenti della fattispecie e richiedere la documentazione necessaria per la valutazione (analogamente al cap. 7.3.2);
- una volta conclusa la verifica delle questioni preliminari, si devono valutare sulla base dell'articolo 11 LPAmb le emissioni luminose controverse. In una prima fase si deve verificare, conformemente all'articolo 11 capoverso 2 LPAmb, quali misure precauzionali possono essere adottate per limitare le emissioni luminose alla fonte. Si devono disporre tutte le misure la cui adozione è proporzionata. Per la valutazione ci si può basare sul piano in sette punti (cfr. cap. 3 e all. A5), nonché sulla matrice della rilevanza (cfr. cap. 4);
- se le emissioni luminose sono già state valutate nell'ambito di una precedente procedura di rilascio di un permesso di costruzione, si deve inoltre tenere in considerazione l'interesse del titolare dell'impianto alla protezione della buona fede (cfr. cap. 2.3);
- se, dopo l'attuazione delle misure precauzionali per la limitazione delle emissioni, l'autorità ha motivo di ritenere che le immissioni ancora presenti potrebbero essere eccessive per gli interessati (cfr. cap. 5 e all. A6), sono necessari chiarimenti approfonditi;
- giusta l'articolo 11 capoverso 3 LPAmb, devono essere esaminate e disposte ulteriori misure (più severe) per la limitazione delle emissioni (cfr. cap. 3 e all. A5) finché i valori indicativi non sono rispettati o le immissioni luminose non sono più considerate dannose o moleste.

**Figura 8**  
**Panoramica sulla procedura in caso di reclami e controlli d'ufficio**



# Allegato

## A1 Effetti delle emissioni luminose

La luce artificiale può avere effetti indesiderati sull'uomo, sulla biodiversità e sul paesaggio notturno, come illustrato di seguito.

### A1.1 Effetti sull'uomo

#### A1.1.1 In generale

Una luce sufficiente al momento giusto è indispensabile per la salute e il benessere dell'uomo. Tuttavia, troppa luce può anche avere conseguenze negative, che possono variare dai danni diretti agli occhi e alla pelle provocati dalla luce molto intensa ad effetti alquanto molesti che possono eventualmente essere provocati già da una luce poco intensa (in particolare di notte) (UFAM 2012). In un sondaggio tra la popolazione, il 22 (anno 2014) e il 24 per cento (anno 2015) degli interpellati ha dichiarato di percepire a casa propria la luce dell'illuminazione stradale, di case o giardini confinanti, di campi sportivi illuminati, di pubblicità luminosa ecc. come molto o piuttosto molesta (Schaub 2014, 2015).

Per quanto riguarda le fonti di luce artificiali negli spazi esterni, secondo gli esperti è possibile escludere danni fisici diretti agli occhi o alla pelle (LAI 2012). In tal caso, in primo piano si situano effetti attribuibili al disturbo del benessere. In concreto, nella letteratura sono menzionati abbagliamenti e disturbi causati da un'illuminazione eccessiva dello spazio abitativo. Attualmente si sta studiando a fondo anche l'eventuale influsso delle fonti di luce artificiale sul ritmo biologico giorno-notte (cosiddetti effetti cronobiologici).

#### A1.1.2 Abbagliamento

Nell'ambito dell'abbagliamento si distingue tra abbagliamento fisiologico e molesto. Nella letteratura, quest'ultimo è definito anche abbagliamento psicologico<sup>8</sup> o soggettivo.

L'*abbagliamento fisiologico* rappresenta una riduzione oggettivamente misurabile della capacità visiva. La capacità visiva subisce un pregiudizio quando su piccole irregolarità dell'occhio si diffonde una quantità di luce tale da creare un velo di luce che riduce il contrasto dell'immagine sulla retina. Gli anziani sono più sensibili agli abbagliamenti rispetto ai giovani, in quanto le diverse componenti dei loro occhi, come la cornea, il cristallino e il corpo vitreo, presentano maggiori opacità.

Se la luce entrante è talmente intensa da impedire assolutamente all'occhio di adattarsi alle condizioni luminose, si parla di *abbagliamento assoluto* (SSK 2006). In tal caso, la capacità visiva è fortemente limitata o viene totalmente persa (temporaneamente). La riflessione della luce solare su elementi riflettenti degli edifici, come facciate in vetro, rivestimenti metallici, finestre, impianti fotovoltaici o collettori solari, rappresenta una situazione quotidiana in cui possono verificarsi abbagliamenti assoluti. Non è tuttavia ancora noto a partire da quale intensità e durata l'effetto di tali abbagliamenti risulti dannoso (UFAM 2012).

#### A1.1.3 Abbagliamento molesto notturno

Si parla di *abbagliamento molesto* quando le persone, durante la notte, si sentono disturbate o molestate da fonti luminose nel loro campo visivo in un ambiente altrimenti buio. Tale abbagliamento è considerato fonte di disturbo o molestia indipendentemente dalla compromissione della funzione visiva. È possibile che sia considerato molesto il fatto che una fonte luminosa attiri lo sguardo senza tuttavia fornire informazioni essenziali e quindi distraiga solamente. Un'altra ipotesi è che i punti luminosi e quelli bui causino sulla retina un conflitto tra la muscolatura che apre la pupilla in caso di buio e la muscolatura che vuole chiudere la pupilla in caso di luce (Schierz 2009).

<sup>8</sup> Moshammer e Kundi (2013) spiegano di ritenere poco idoneo il termine di «abbagliamento psicologico» poiché a loro avviso può essere interpretato in modo errato. Tale effetto non costituisce affatto un fenomeno meramente soggettivo. Essi parlano quindi di abbagliamento fastidioso. Nel presente rapporto si utilizza il termine «abbagliamento molesto» in linea con la terminologia della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb).

### **A1.1.4 Illuminazione di spazi abitativi**

Per illuminazione di spazi abitativi s'intende l'illuminazione della zona abitativa da parte di un impianto di illuminazione presente nelle vicinanze, che comporta un utilizzo limitato di tale zona dell'abitazione. Una tale illuminazione eccessiva degli spazi abitativi può provocare disturbi vari; tra i più frequenti sono citati i disturbi del sonno. Sono considerate particolarmente moleste, in ordine di disturbo crescente, la luce gialla o bianca, la luce verde, la luce rossa o la luce blu, nonché la luce lampeggiante con una frequenza di lampeggiamento bassa e alta (Schierz 2009).

### **A1.1.5 Effetti cronobiologici**

Il ritmo sonno-veglia dell'uomo è essenzialmente determinato dalla luce diurna. I risultati della ricerca degli ultimi anni mostrano che anche la luce artificiale può influire sul ritmo giorno-notte. Tale influsso sussiste in particolare nel caso della luce blu o della luce con un'elevata presenza di blu nello spettro.

Un disturbo del ritmo giorno-notte potrebbe comportare ulteriori conseguenze per la salute, come disturbi del sonno, cambiamenti della produzione ormonale o alterazioni del battito cardiaco. Si presumono inoltre disturbi del ciclo mestruale nelle donne, una diminuzione delle difese contro le malattie infettive e la comparsa anticipata della pubertà (Gronfier 2015).

Dal punto di vista scientifico, tuttavia, mancano attualmente ancora indicazioni esaustive sulle intensità luminose, i tempi e i momenti di esposizione a partire da cui tali effetti possono verificarsi. Al momento, la ricerca cronobiologica si concentra su fonti di luce negli spazi interni, che influiscono direttamente sull'uomo e spesso comportano esposizioni più elevate rispetto alle fonti luminose negli spazi esterni. Oltre all'influsso di nuovi corpi luminosi come lampade a risparmio energetico e LED o della luce degli schermi (ad es. schermi a LED, tablet) sul ritmo sonno-veglia, in questo contesto sono analizzati anche eventuali danni fotochimici alla retina (cosiddetti *blue light hazard*) e fenomeni di sfarfallamento.

Per l'illuminazione degli spazi interni, l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) raccomanda quanto segue: «Nei locali in cui le persone si trattengono a lungo durante le ore serali prima di coricarsi, utilizzare lampadine a LED di colore bianco caldo o lampadine a basso consumo energetico con temperature di colore di circa 3000 Kelvin. [...] Le lampadine a luce bianca fredda con temperature superiori ai 4000 Kelvin sono meno adatte a spazi simili, dato che la componente blu della luce ha una funzione attivante sull'organismo e influisce sul sonno e su altri processi fisiologici» (UFSP 2016, pagg. 1–2).

Non appena sarà più chiaro a partire da quali intensità luminose e tempi di esposizione il ritmo giorno-notte risulta influenzato, sarà altresì possibile stimare se anche le fonti di luce nell'ambiente (in considerazione del loro spettro luminoso e della loro intensità nel luogo d'azione) contribuiscono in modo determinante a tale impatto sull'uomo.

## **A1.2 Effetti sulla natura**

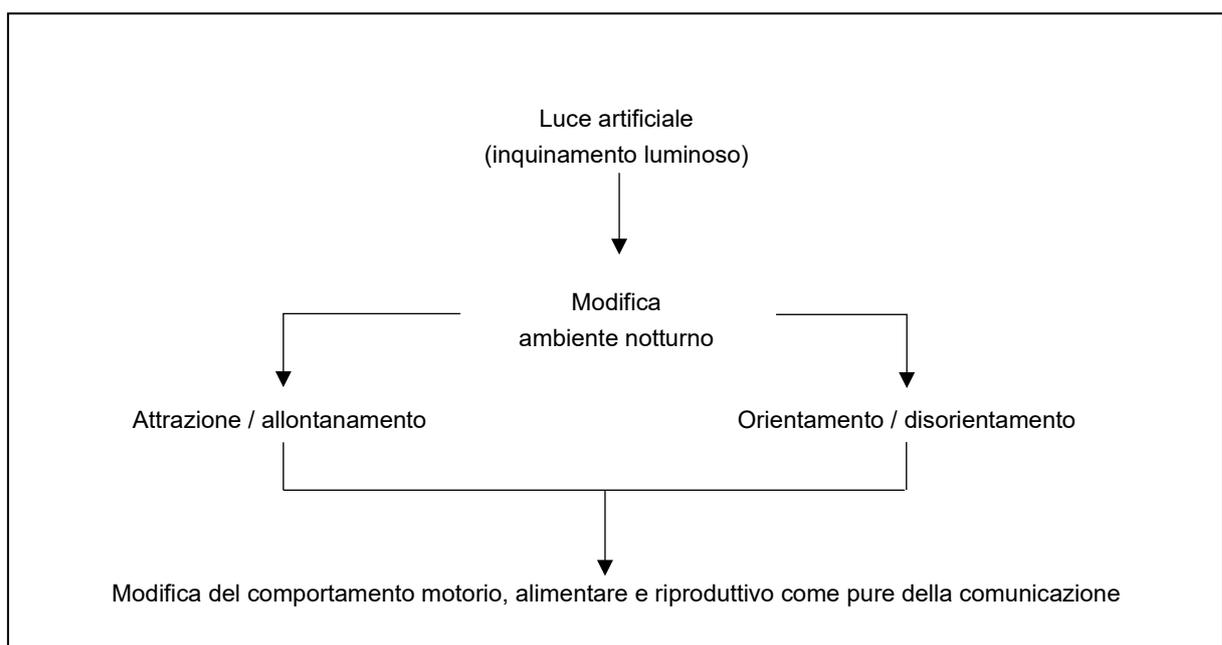
### **A1.2.1 In generale**

L'inquinamento luminoso e la perdita del buio notturno è uno dei tipi di inquinamento ambientale più frequenti e probabilmente quello in più rapida crescita (Hölker et al. 2010a citato da Robert et al. 2015). A livello globale, esso aumenta ogni anno del 6 per cento circa ed è considerato uno dei principali pericoli per la biodiversità (Hölker et al. 2010a). La luce e il buio sono una risorsa importante, alla stessa stregua dell'acqua o dell'aria pulita (Gaston et al. 2013). Molti processi e comportamenti fisiologici dipendono dalla luce o dal buio (Gaston et al. 2013). Ad esempio, la maggior parte delle piante dipende dalla luce solare per poter effettuare la fotosintesi, ma trae beneficio anche dell'oscurità. Alcuni studi sono stati in grado di dimostrare che esse utilizzano il buio per riparare eventuali danni, ma che questo processo è inibito dalla luce artificiale (Vollsnæs et al. 2009). Il buio offre tuttavia anche una propria nicchia, alla quale gli organismi si sono adattati, ad esempio, per evitare la concorrenza con altre specie o per sfuggire ai predatori (Gaston et al. 2013). La perdita dell'oscurità notturna causata dalla luce artificiale disturba quindi diversi organismi, influenzando sul loro comportamento e influenzando dunque anche le interazioni tra le specie e, in ultima analisi, l'ecosistema. Gli effetti concreti della luce artificiale dipendono tuttavia da diversi fattori, quali la fonte di luce o la sensibilità degli organismi ad essa esposti.

Cinque parametri della luce influiscono sulla flora e sulla fauna: la composizione spettrale, l'intensità, la direzione, la durata e la periodicità dell'illuminazione. Ciascuno di questi parametri ha effetti diversi sulle singole specie a seconda della capacità visiva o del periodo di attività. Ogni specie reagisce in modo diverso all'illuminazione notturna. Le specie potenzialmente più colpite sono quelle notturne o crepuscolari (la cui attività principale è situata nelle prime ore del mattino e/o al crepuscolo).

Determinati animali sono ad esempio attratti dalla luce (positivamente fototattici), mentre altri evitano la luce (negativamente fototattici) o si muovono nell'ambiente indipendentemente dalle condizioni luminose. La luce modifica anche la capacità di orientamento degli animali. Un esempio è costituito dagli uccelli migratori, il cui comportamento migratorio è disturbato dall'illuminazione notturna (Van Doren et al. 2017).

Questi effetti diretti sulla capacità di orientamento e l'effetto di attrazione e repulsione delle fonti di luce artificiale influenzano il comportamento, tra cui il comportamento motorio, alimentare, competitivo o riproduttivo, e in tal modo le interazioni con i conspecifici o tra specie (Le Tallec 2014, cfr. fig. 9).



*Figura 9: L'inquinamento luminoso aumenta l'illuminazione notturna, modificando in tal modo l'attrazione degli individui per un determinato ambiente e la loro capacità di orientarsi al suo interno. A lungo termine questi cambiamenti influiscono sul comportamento motorio, alimentare e riproduttivo come pure sulla comunicazione (Le Tallec 2014).*

Inoltre, la luce può influire anche sulla comunicazione. Ad esempio, in un ambiente illuminato dalla luce artificiale, per le lucciole maschio è più difficile individuare i conspecifici femmina. Le lucciole femmina attirano i maschi con la loro luce. Nelle zone colpite dall'inquinamento luminoso, i maschi possono avere difficoltà a percepire tale luce oppure, anziché trovare una femmina, essere attratti da una fonte di luce artificiale (Lloyd 1994).

Alcuni uccelli e rettili in realtà diurni sembrano approfittare dell'illuminazione notturna, usando superfici illuminate come zone di caccia (Schwartz and Henderson 1991 citato da Longcore and Rich 2004). Le loro prede, invece, perdono la protezione accordata loro dal buio. Quale sia l'influenza di tale modifica della dinamica preda-predatore non è ancora chiaro, in tale contesto sono necessarie ulteriori ricerche per analizzare le conseguenze a lungo termine di tali effetti.

Gli effetti cumulativi dell'attrazione/allontanamento e dell'orientamento/disorientamento e le modifiche comportamentali che ne conseguono possono modificare le interazioni tra specie o la composizione delle specie all'interno di uno spazio vitale, interferendo con il funzionamento degli ecosistemi centrali. Di conseguenza, un ecosistema importante può in tal modo essere destabilizzato dagli effetti della luce artificiale.

Tenuto conto della crescente diminuzione della biodiversità, occorre segnalare che la luce artificiale rafforza ulteriormente l'uniformizzazione che regna attualmente nell'ambiente naturale (le specie più frequenti diventano sempre più frequenti e le specie rare sempre più rare). Le specie che tollerano la luce possono adattarsi all'illuminazione artificiale o approfittarne. Le specie lucifughe, invece, ne risentono e le loro probabilità di sopravvivenza diminuiscono (SWILD 2011). Spesso le specie più colpite dagli effetti indesiderati dell'illuminazione notturna sono quelle già minacciate o che non sono in grado di adeguarsi all'ampliamento degli insediamenti.

### **A1.2.2 Effetti su fauna e flora**

Le condizioni luminose notturne sono rimaste costanti su lunghe scale dei tempi geologici. Solo l'uomo e l'illuminazione artificiale hanno modificato drasticamente le condizioni luminose notturne, in particolare negli ultimi decenni (Gaston et al. 2014a, Hölker et al. 2010b). La maggior parte degli organismi, compreso l'uomo, è evoluta in funzione dei naturali cicli diurni e notturni. Il risultato è il cosiddetto orologio circadiano, che svolge un ruolo chiave nell'ambito della regolazione del metabolismo, della crescita e del comportamento (Dunlap 1999). La presenza di fotorecettori circadiani ha potuto essere dimostrata già nella retina di mammiferi risalenti a circa 500 milioni di anni fa. Il mantenimento del ritmo circadiano è molto complesso e si basa su diverse retroazioni fisiologiche (*feedback loop*), costantemente coordinate in funzione degli stimoli assorbiti. Nel caso dei vertebrati, l'ormone melatonina svolge un ruolo centrale nella regolazione di diversi processi, fase di sonno-veglia, crescita, ciclo riproduttivo, riposo vegetativo, letargo o migrazione degli uccelli, partecipando dunque al ritmo circadiano e circannuale. La melatonina si forma nelle fasi di buio, la luce artificiale può pregiudicarne la produzione e quindi perturbare il ritmo naturale (Mosler-Berger 2013).

A causa degli adattamenti dovuti alla vita al buio, gli organismi particolarmente attivi di notte sono potenzialmente disturbati dalla luce artificiale notturna. Spesso, tali organismi si contraddistinguono per i sensi acuti, come ad esempio adattamenti dell'occhio (Hölker et al. 2010a) e sono quindi sensibili alle modifiche di luce. Si presume che tali adattamenti, che hanno permesso ai mammiferi di trasformare la notte in giorno, abbiano contribuito notevolmente al successo del loro sviluppo (Hölker et al. 2010a). Ad oggi, circa il 30 per cento dei vertebrati e oltre il 60 per cento degli invertebrati è notturno (Hölker et al. 2010a). Gli organismi notturni rappresentano quindi una parte sostanziale dell'attuale biodiversità. La progressiva perdita di oscurità notturna e le conseguenze che ne derivano minacciano in particolare gli organismi che si sono adattati al buio. La luce artificiale può però anche avere conseguenze negative per gli organismi diurni. Ad esempio, si è potuto osservare che i passeriformi cinguettano prima il mattino o addirittura durante la notte, con un possibile consumo supplementare di energie e, in ultima analisi, minore forma fisica (Miller 2006; Dominoni et al. 2014). Gli effetti riguardano pertanto una molteplicità di organismi e minacciano la conservazione della biodiversità (Hölker et al. 2010a).

### **Mammiferi**

Il modo in cui i mammiferi reagiscono alla luce dipende da diversi fattori. Le specie si differenziano quindi, ad esempio, in funzione delle loro fasi attive. Molte specie notturne dispongono inoltre di particolari adattamenti dell'apparato visivo (Walls 1942).

Sono questi adattamenti che rendono gli animali notturni e crepuscolari, ma anche le specie catemerali (nessuna fase specifica di attività), particolarmente vulnerabili ai disturbi causati dalla luce artificiale notturna (Rich and Longcore 2006). Ciò interessa circa il 70 per cento dei mammiferi (Bennie et al. 2014; Jones et al. 2009 citato da Prugh and Golden 2013), il 44 per cento è considerato notturno, mentre il 29 per cento è crepuscolare (attivo al crepuscolo) o catemerale (inattivo sia di giorno sia di notte). Adattamenti alla vita al buio sono, ad esempio, pupille di grandi dimensioni che permettono di ricevere più luce, un cristallino accresciuto che riduce al minimo l'aberrazione sferica e una retina ricca di bastoncelli (Walls 1942). In caso di luce intensa, le pupille si restringono fortemente, ma di norma anche questa reazione non può impedire una saturazione eccessiva dei bastoncelli e quindi un breve abbagliamento degli animali (Perلمان and Normann 1998). Di conseguenza, negli spazi vitali frammentati dalle strade si verificano sempre più spesso collisioni a causa dell'effetto di attrazione (spesso indiretto in considerazione dell'accresciuta concentrazione di prede), ma anche a causa dell'abbagliamento degli animali (Dean et al. 2019).

Gli effetti dell'illuminazione artificiale non si limitano tuttavia al mero pregiudizio della vista. L'illuminazione artificiale influenza infatti anche l'orologio biologico / interno dei mammiferi, provocando ripercussioni sia sul loro ritmo circadiano sia sulla loro percezione dei cambiamenti stagionali (Häder 2004; Arendt J. 1998). Ciò comporta, tra l'altro, uno spostamento in avanti, nella notte, delle fasi di attività degli organismi diurni (Häder 2004) o un inizio ritardato dell'attività degli animali notturni, con conseguente riduzione della loro fase di attività (Le Tallec et al. 2013). Può anche causare uno spostamento dei periodi di accoppiamento (Le Tallec et al. 2016; Robert et al. 2015), con conseguenti effetti sulla disponibilità di risorse alimentari e quindi sulla crescita dei cuccioli. In alcuni esperimenti di laboratorio è stato inoltre possibile rilevare effetti fisiologici causati dall'illuminazione notturna, come un deterioramento del sistema immunitario, modifiche nelle reazioni allo stress (Bedrosian et al. 2011 e 2013) e un peggioramento delle capacità cognitive (Fonken et al. 2012).

Anche con la luna come unica fonte di luce, alcuni roditori, solitamente di piccole dimensioni, tentano di diminuire la maggiore visibilità causata dalla luce durante le notti chiare (Upham and Hafner 2013; Longland and Price 1991) o di luna piena (Daly et al. 1992) e il conseguente aumento del rischio di predazione; evitano gli spazi aperti, sono maggiormente vigili, hanno una frequenza cardiaca e una distanza di fuga più elevate, limitano la ricerca di cibo e/o la durata complessiva della loro attività oppure concentrano la stessa nelle ore notturne più buie, con conseguenti ripercussioni anche in questo caso sul bilancio energetico e quindi sulla forma fisica (Prugh and Golden 2014). Da ciò non si può tuttavia dedurre in maniera generale che la luce artificiale notturna colpisce piuttosto negativamente in particolare le piccole prede, mentre i predatori ne traggono più facilmente beneficio. Per alcuni roditori si è potuto ad esempio constatare un aumento dell'attività. L'ipotesi alla base di ciò è che queste specie beneficino di migliori condizioni di visibilità nella ricerca di cibo e possano anche riconoscere prima i predatori, con una conseguente riduzione della percezione del rischio di predazione. Le specie che non si affidano o si affidano poco alla vista non beneficiano dunque di queste migliori condizioni di luce. Gli effetti della luce dipendono in ultima analisi anche da fattori quali la struttura dell'ambiente circostante. In un ambiente ben strutturato, le prede godono di maggiore protezione e si muovono più spesso rispetto a quanto avviene su superfici aperte. Anche per i predatori il quadro risulta altrettanto complesso, come dimostrato, ad esempio, da studi sui tassi (Cresswell and Harris 1988). Un altro aspetto da prendere in considerazione è che anche i predatori possono diventare a loro volta prede di altri predatori o di conspecifici più vecchi.

### **Pipistrelli**

La maggior parte delle specie di pipistrelli è sensibile alla luce (lucifuga), ad esempio le specie appartenenti al genere dei Myotis, i rinolofi (*Rhinolophus*) e il gruppo dei Plecoti (*Plecotus*). Altre specie non lucifughe (*Nyctalus*, *Eptesicus* e *Pipistrellus*) non sono invece disturbate dalla luce artificiale e si procurano una gran parte o quasi tutto il loro cibo (insetti) in prossimità di lampioni stradali e fonti di luce artificiale. Queste differenze tra le diverse specie possono comportare ripercussioni sulla concorrenza interspecifica causate dall'illuminazione notturna e in casi estremi condurre all'esclusione di specie concorrenti. Un esempio interessante di tali ripercussioni è quello del rinolofa minore (*Rhinolophus hipposideros*), la cui popolazione è diminuita rapidamente in molte regioni. Esso ha oggi un'elevata priorità a livello nazionale. Questi animali sono lucifughi e pertanto non si nutrono degli insetti attirati dalle lampade. Dopo l'installazione di lampioni stradali in diverse valli delle Alpi vallesane, questa specie è quasi completamente scomparsa a livello locale. Al contempo, le stesse valli sono state fortemente popolate dal pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*), una specie diffusa, non lucifuga, che viene attirata dalle facili prede che si trovano intorno all'illuminazione stradale. Entrambe le specie hanno dimensioni analoghe e mangiano le stesse specie di insetti. È quindi possibile che l'estinzione locale del rinolofa minore sia stata causata dall'esclusione della concorrenza risultata dall'installazione dell'illuminazione stradale nelle valli (Arlettaz et al. 2000).

Di fatto, anche in assenza di luce artificiale, i pipistrelli si nutrono di insetti che si concentrano a livello locale, ad esempio grazie al vento. Le zone situate in prossimità di fonti di luce artificiale non sono tuttavia rappresentative delle condizioni in cui pipistrelli e insetti si sono sviluppati nel corso di migliaia di anni. Rispetto ad altri spazi vitali, l'offerta di cibo in prossimità dei lampioni è più elevata e i pipistrelli cacciano una percentuale più elevata di falene (*Lepidoptera*) rispetto a mosche e coleotteri. In

prospettiva futura l'apparente vantaggio per i pipistrelli non trova conferma poiché essi si nutrono di molte prede che verranno a mancare a lungo termine (Rydell 2005).

I pipistrelli sono animali notturni e molto mobili. Si orientano grazie al loro sistema di ecolocalizzazione (capacità di captare l'eco dei richiami ultrasonici che emettono). Quando volano dai loro quartieri alle zone di caccia, spesso seguono rotte tradizionali di volo lungo strutture lineari del paesaggio, come siepi, alberature, edifici, limiti del bosco o alberature di sponda. A causa dell'illuminazione artificiale delle infrastrutture stradali, queste rotte di volo possono essere completamente frammentate (effetto barriera) o difficilmente superabili per le specie lucifughe. È noto che in particolare alcune specie di nottula comune, come il vespertilio di Bechstein, il vespertilio di Natterer, il vespertilio mustacchino, i *Myotis* e i Plecoti, nonché i rinolofi, evitano la luce e le zone illuminate; queste specie possono pertanto trovarsi costrette a compiere lunghe deviazioni in volo per raggiungere le loro zone di caccia.

Durante i mesi estivi, i pipistrelli formano colonie, ad esempio sotto i tetti (per lo più nel sottotetto) o nei rivestimenti delle facciate. D'estate molte specie utilizzano prevalentemente edifici come quartieri diurni, mentre di solito svernano in grotte o gravine. L'illuminazione artificiale dei fori di uscita dei rifugi diurni (ad es. mediante l'illuminazione delle facciate) porta i pipistrelli a svolazzare dinanzi ai quartieri diurni quando tornano dalla caccia il mattino, ma soprattutto influisce sull'uscita serale. Se il foro di uscita del rifugio diurno è illuminato, gli animali usciranno più tardi la sera. In tal modo, essi hanno meno tempo per cacciare e perdono l'accresciuta offerta di prede presente al crepuscolo. Ne consegue, in particolare, che gli animali più giovani nascono più tardi e crescono più lentamente (Boldogh et al. 2007, Fondazione protezione pipistrelli 2015).

È emerso che diverse specie di pipistrelli (il rinolofa maggiore [*Rhinolophus ferrumequinum*], il vespertilio maggiore [*Myotis myotis*] o il gruppo dei Plecoti [*Plecotus auritus* e *P. austriacus*]) la sera lasciano il loro quartiere sul lato più buio. Ad esempio, se sono illuminate tre facciate di una torre in cui si trova una colonia di orecchioni grigi (*P. austriacus*), gli animali evitano i fori di uscita illuminati e lasciano il rifugio solo attraverso l'uscita sul lato buio della torre (Beck 2005).

## Uccelli

In primavera (marzo-maggio) e in autunno (agosto-novembre), gran parte degli uccelli migratori è in viaggio durante la notte. Essi si orientano in primo luogo grazie alle stelle e al campo magnetico terrestre. La luce artificiale pregiudica tuttavia tale orientamento, in particolare in caso di fitta nebbia e di densa nuvolosità. Sugli agglomerati, l'illuminazione può ad esempio creare una cosiddetta «cupola luminosa» che attira gli uccelli, distogliendoli dal loro percorso migratorio. In tal modo l'illuminazione artificiale può ritardare o prolungare la migrazione. Gli uccelli possono essere attratti anche da fonti di luce provenienti da un singolo punto, come grattacieli e torri trasmettenti, nonché da raggi di luce rivolti verso il cielo (proiettori o skybeamer) (Stazione ornitologica 2021).

Vari tipi di fonti di luce:

**Cupola luminosa:** in caso di bassa coltre nuvolosa, foschia o nebbia, la luce dell'illuminazione di città, agglomerati ed edifici si riflette nelle gocce d'acqua presenti nell'aria, creando un'area illuminata, una cupola luminosa (Manville 2000). In tali condizioni meteorologiche, gli uccelli migratori volano a bassa quota, sotto la coltre nuvolosa, senza potersi orientare con le stelle o con punti di riferimento al suolo. Nonostante la possibilità di orientarsi mediante il campo magnetico terrestre, se possibile, gli uccelli preferiscono orientarsi con la luce. In caso di cattive condizioni di visibilità, spesso sembrano essere attirati dalle cupole luminose sulle città. Una volta incappati in questa trappola, volano per ore in cerchio, spesso trovando una via d'uscita solo nella seconda metà della notte, quando ormai sfiniti cercano un luogo per sostare. In tal modo, perdono preziose riserve energetiche per il lungo e impegnativo volo. Spesso gli uccelli muoiono di sfinito addirittura all'interno delle cupole luminose o perdono la vita collidendo con gli edifici. I giovani volatili sono maggiormente esposti al rischio di perdere l'orientamento rispetto agli adulti con maggior esperienza.

**Fonti di luce provenienti da un singolo punto:** non solo la somma delle superfici illuminate disorienta gli uccelli, ma anche oggetti illuminati che si ergono isolati, come grattacieli, camini, torri radiotelevisive, impianti eolici o proiezioni sulle pareti delle montagne (illuminazione a fini pubblicitari o artistici). Sebbene in Svizzera le costruzioni non conoscano ancora uno sviluppo verticale così forte come in altri

Paesi, la Prime Tower di Zurigo o la torre Roche di Basilea costituiscono esempi di frequenti collisioni degli uccelli con gli edifici. A quanto pare, il rischio deriva dall'effetto di abbagliamento: gli uccelli non percepiscono più gli ostacoli sulla loro traiettoria di volo e si dirigono direttamente verso la fonte di luce (Wüthrich 2001). Finora sono già stati registrati numerosi casi di collisioni di massa dovute all'illuminazione di piccole aree. Negli anni Settanta in Svizzera sono morti migliaia di uccelli migratori che si sono scontrati contro una parete di ghiaccio della Jungfrau illuminata da un proiettore pubblicitario (Bruderer 2002).

*Fasci luminosi orientati verso il cielo:* forti impulsi luminosi improvvisi di proiettori o skybeamer influiscono sul comportamento di volo degli uccelli migratori, indipendentemente dalle condizioni di visibilità. Stando agli studi, gli uccelli avevano notevoli reazioni di spavento all'attivazione di un proiettore, benché avesse una potenza di soli 200 watt e non di 1000 watt e più come per i proiettori pubblicitari o gli skybeamer. Essi deviano dalla propria direzione iniziale, riducono la velocità di volo e cercano di sfuggire verticalmente al fascio luminoso. Solo a partire da una distanza di circa un chilometro l'influsso del fascio luminoso non è più misurabile (Bruderer et al. 1999).

La luce notturna artificiale si ripercuote anche sul *ritmo circadiano dei passeriformi*. A causa dell'illuminazione artificiale il sonno degli uccelli si riduce e in parchi illuminati o nei pressi di illuminazioni stradali cominciano a cantare prima il mattino rispetto a quanto avviene nel bosco oppure di notte (Bergen & Abs 1997; Derrickson 1988; Rapp 2015). La portata del differimento temporale varia a seconda delle specie di uccelli poiché è legata alla soglia di luminosità che attiva il canto. Il differimento temporale dell'inizio del canto si ripercuote sulla riproduzione degli uccelli. Nella zona d'influenza dei lampioni stradali, le femmine depongono le loro uova prima e i maschi hanno il doppio del successo nella copulazione e nella riproduzione. A causa della deposizione anticipata delle uova, importanti processi biologici non sono più sincronizzati e il fabbisogno alimentare (ad es. di insetti) dei giovani non è più coperto con la maggiore disponibilità di cibo. Gli uccelli migratori esposti alla luce artificiale nelle loro zone di svernamento ingrassano più rapidamente e in primavera migrano prima verso il quartiere estivo rispetto agli individui che non svernano sotto l'influenza della luce artificiale. Gli uccelli arrivano troppo presto nei siti di nidificazione e le probabilità di sopravvivenza diminuiscono (Sydney et al. 2005, De Molenaar et al. 2005).

L'illuminazione artificiale influisce inoltre sulla ricerca di cibo da parte degli uccelli. Le specie che dipendono dalla loro capacità visiva per la ricerca di cibo possono eventualmente beneficiare dell'illuminazione catturando più prede (Dwyer et al. 2012, Mougeot and Bretagnolle 2000; Dice 1945), tuttavia, in molti casi altri effetti, come ad esempio il rischio potenzialmente più elevato di diventare a loro volta prede, sono ancora insufficientemente analizzati (Santos et al. 2010).

## **Rettili**

In Svizzera nessuna specie di rettili è esclusivamente notturna poiché le temperature notturne sono troppo basse. A seconda della specie, i rettili evitano l'illuminazione artificiale di sera e di mattina o ne vengono attirati. Se l'estate è sufficientemente calda, l'illuminazione può prolungare il tempo di attività di determinate specie di rettili diurni. Come i pipistrelli, determinate specie di rettili sfruttano la grande quantità di prede, ad esempio gli insetti, attirata dalla luce artificiale (Perry & Fisher 2005).

## **Anfibi**

A causa del loro complesso ciclo di vita con una fase acquatica e una fase terrestre, gli anfibi vivono in diversi tipi di spazi vitali e sono quindi esposti a diversi tipi di stress ambientale. A ciò si aggiunge che la maggior parte delle specie è crepuscolare o notturna.

## **Anuri (rane e rospi)**

In Svizzera, le popolazioni di anuri diminuiscono in particolare a causa di fattori antropogenici, come la distruzione del loro spazio vitale (zone umide drenate e prosciugate, acque superficiali coperte o canalizzate), l'impiego di pesticidi ecc. Uno di questi fattori è l'illuminazione artificiale. Gli anuri sono particolarmente sensibili agli effetti negativi della luce artificiale, in quanto:

- sono animali prevalentemente notturni;

- hanno fasi di vita diverse, che richiedono microhabitat diversi e dipendono da condizioni ambientali differenti;
- sono meno mobili rispetto ad altre specie a causa della loro forte dipendenza da una fonte di umidità; e
- sono prede e predatori di altri animali notturni, anch'essi influenzati dalla luce.

La maggior parte degli anuri è attratta dalla luce. Un esame sperimentale effettuato all'interno dell'ordine degli anuri (rane, rospi, ululoni) ha dimostrato che, su 121 specie, l'87 per cento è attratto dalla luce e quindi positivamente fototattico (Jaeger e Hailman 1973).

La maggior parte degli anuri vede molto bene di notte, ossia in presenza di luce estremamente debole. Le specie che si sono sviluppate con un'illuminazione molto debole sono dotate di adattamenti che consentono loro di sfruttare lievi variazioni di luminosità nell'ambiente. Questi adattamenti ne pregiudicano tuttavia la capacità di adattarsi in caso di illuminazione intensa. Il rospo comune (*Bufo bufo*), ad esempio, è anche in grado di catturare le prede in condizioni di illuminazione molto scarsa (da  $10^{-5}$  a  $10^{-6}$  lux). Gli anuri vanno a caccia di prede nelle ore più buie della notte. Anche un lieve aumento della luminosità nel loro ambiente circostante può comportare un'uscita tardiva dal loro nascondiglio e quindi meno tempo per la cattura delle prede.

L'illuminazione artificiale, ad esempio un lampione stradale, disturba fortemente gli anuri poiché questa fonte di luce è non solo intensa, ma anche proveniente da un unico punto. In condizioni naturali, accade al massimo una volta al mese, in caso di luna piena e di cielo chiaro, che la maggior parte della luce a disposizione degli anuri per la caccia provenga da una fonte di luce forte ed emessa da un unico punto, ossia la luna. Se non c'è la luna piena o se le nuvole la nascondono, gli spazi vitali degli anuri sono illuminati da varie fonti di luce, come la luce della luna o delle stelle che viene riflessa nell'atmosfera (tra l'altro dalle nubi). Più la luce che giunge al suolo è diffusa, più uniformemente sono illuminati gli oggetti. I contorni delle ombre sono attenuati. Di conseguenza, le specie devono adattarsi meno fortemente a intensi contrasti chiaro-scuro. Gli anuri che cercano cibo in prossimità di una fonte di luce intensa devono muoversi continuamente da una zona molto luminosa a una zona buia e viceversa; più il contrasto è forte, più il loro adattamento è lento. Nel caso degli anuri, l'adattamento può richiedere diversi minuti o addirittura alcune ore (Buchanan 1993). Non essendo in grado di adattarsi rapidamente alle variazioni luminose, limitano la loro mobilità a un'area con luminosità costante o si muovono più lentamente. Sono anche più vulnerabili perché non sono in grado di fuggire rapidamente dai loro nemici predatori (Wise & Buchanan 2005). Inoltre, i rospi che utilizzano le strade illuminate come riserve di caccia corrono il rischio di essere schiacciati dalle automobili (Brüning e Hölker 2015).

Dato che in caso di luce forte il rischio di diventare una preda aumenta, gli anuri modificano il loro comportamento:

- scelta del partner: gli anuri sono meno selettivi in caso di intensità luminosa elevata (Rand et al. 1997);
- richiamo dei maschi: in presenza di luce artificiale, determinate specie emettono meno richiami e possono arrivare a non emetterne proprio più (Baker & Richardson 2006; Longcore & Rich 2004) oppure scelgono zone meno nascoste per poter individuare i possibili predatori.

La riduzione del successo riproduttivo a causa di modifiche del comportamento (Touzot et al. 2020), combinata con il rischio più elevato di divenire la preda, può comportare notevoli perdite di forma fisica e, in ultima analisi, un indebolimento della popolazione.

### **Urodela (salamandre e tritoni)**

Come gli altri anfibi, le salamandre e i tritoni sono molto sensibili ai disturbi del loro ambiente, in particolare alla luce artificiale. La loro popolazione è in diminuzione in tutto il mondo.

Numerosi studi indicano che la luce artificiale notturna provoca modifiche del comportamento e delle funzioni fisiologiche nelle salamandre e nei tritoni. Tra queste modifiche si annoverano modifiche della produzione ormonale, del metabolismo, dello schema di attività e delle capacità di orientamento. Ad esempio, in determinate circostanze, la luce artificiale può disturbare il senso dell'orientamento dei

tritoni, che di conseguenza hanno difficoltà a trovare le acque per la deposizione delle uova o il loro habitat terrestre / quartiere invernale (Perry et al. 2008, Phillips and Borland 1992).

Le diverse specie di salamandre reagiscono diversamente alla luce. Mentre le une evitano una fonte di luce, le altre ne sono attratte. Gli effetti della luce artificiale dipendono da differenze intrinseche alla specie, come ad esempio la preferenza per determinate prede (insetti attirati dalla luce o che evitano la luce) e dal tipo di illuminazione (intensità/spettro luminoso) (Phillips and Borland 1992). Non esistono studi per le due specie che vivono in Svizzera.

In presenza di pesci predatori che si orientano con l'ausilio della luce, le larve di salamandra diurne diventano notturne. In caso d'illuminazione artificiale, le larve non approfittano più di questo adeguamento del loro comportamento poiché, grazie alla luce, i pesci predatori possono individuarle anche di notte. L'accresciuta presenza di luce notturna può anche causare un prolungamento della caccia da parte dei predatori diurni, cosicché le larve devono restare inattive più a lungo (Wise & Buchanan 2005).

## **Pesci**

I fiumi e i laghi sono spesso fortemente colpiti dall'illuminazione notturna poiché da sempre gli insediamenti si concentrano di frequente in prossimità delle acque illuminando le zone adiacenti (Brüning e Hölker 2015). La luce artificiale può abbagliare, disorientare o intimidire anche gli organismi acquatici. Come succede ad altri gruppi di specie, la luce influisce sull'orologio interno dei pesci (Brüning et al. 2015). I pesci percepiscono il mutamento delle condizioni di luce principalmente attraverso la ghiandola pineale, ossia un'estroflessione del diencefalo che si trova sotto una finestra trasparente alla luce nella volta cranica dei pesci.

La percezione della luce sott'acqua dipende dalla capacità dell'acqua di trasmettere la luce e dalle capacità visive delle specie. Non tutte le specie ittiche e non tutti gli individui di una specie reagiscono allo stesso modo alla luce artificiale. I pesci dei corsi d'acqua e dei laghi sono in linea di massima più sensibili alle componenti rosse e gialle dello spettro luminoso (Beatty 1966, Folmar & Dickhof 1981). Particolarmente sensibili sono ad esempio il pesce persico (*Perca fluviatilis*) e il rutilo (*Rutilus rutilus*), la cui produzione notturna di melatonina viene quasi completamente soppressa già con un'intensità luminosa di circa un lux. Ritenuto che la melatonina influisce, tra l'altro, su processi quali la formazione di banchi, il comportamento migratorio, la riproduzione o il comportamento alimentare, l'effetto dell'illuminazione artificiale può essere molto esteso (Brüning et al. 2015).

Per quanto riguarda i pesci, la reazione comportamentale alla luce è correlata alla strategia di ricerca del cibo della specie: le specie che occupano e difendono zone nei corsi d'acqua, di regola sono meno attive di notte, mentre le specie che vivono nei laghi sono notturne ed evitano la luce (Godin 1982, Hoar 1951).

La luce artificiale lungo le acque (e sotto i ponti) può provocare un'interruzione dei movimenti dei pesci e aumentare il rischio di predazione. Inoltre, il numero di pesci che riescono a migrare può diminuire. Ad esempio, le anguille europee interrompono le loro migrazioni da e verso le loro zone di riproduzione nelle notti di luna piena (Brüning e Hölker 2015) e i primi risultati delle ricerche indicano che le anguille evitano anche i tratti di fiume illuminati artificialmente (Vowles and Kemp 2021). L'illuminazione artificiale può anche disturbare il comportamento di accoppiamento e di caccia dei pesci (Becker et al. 2012; Nightingale et al. 2005; Moore et al. 2005). Ciò influisce sulle popolazioni di numerose varietà di pesci predatori e da preda, ripercuotendosi in ultima analisi anche sulla stabilità dell'ecosistema.

## **Insetti**

La morte degli insetti è un fenomeno globale. Esiste una molteplicità di studi che hanno analizzato sia l'entità della perdita di specie e biomassa degli insetti, sia la relativa causa. Sono considerate cause principali: la perdita di habitat, l'inquinamento ambientale (in particolare l'inquinamento del suolo e delle acque con pesticidi), le specie invasive e il cambiamento climatico. L'inquinamento luminoso è spesso oggetto di minore attenzione, anche perché l'uomo si occupa maggiormente del giorno piuttosto che della notte. I risultati degli studi indicano tuttavia che l'illuminazione notturna può avere un influsso significativo sulle popolazioni di insetti (Kalinkat et al. 2021; Owens et al. 2020). È dimostrato che la luce artificiale influenza lo sviluppo, l'attività, la ricerca di cibo e il successo riproduttivo. Inoltre, alcuni

predatori insettivori approfittano della luce artificiale durante la caccia, con conseguenti possibili ripercussioni sulle popolazioni di insetti. Qui di seguito sono presentati i meccanismi di azione della luce sugli insetti.

La maggior parte degli insetti è positivamente fototattica, è quindi attirata dalla luce, come nel caso delle larve o dell'imago di molti gruppi di insetti notturni come le farfalle (falene), i coleotteri, i nematoceri, le mosche, le tipule, i sirfidi, i tricoteri, le vespe, le cimici, i grilli ecc. (Frank 1988, Eisenbeis & Hassel 2000, Kolligs 2000, Summers 1997). Tra gli insetti, sono ad esempio negativamente fototattiche le larve dei lampiridi, che non hanno alcuna reazione solo alla luce della lunghezza d'onda rossa (Schwalb 1961).

Il fatto che gli insetti siano attratti dalla luce artificiale e, in particolare, dalla luce a onde corte (luce blu e ultravioletta) è noto e facilmente osservabile. Questo comportamento degli insetti in prossimità delle lampade si traduce spesso in una mortalità molto elevata. In base agli studi si stima che nei mesi estivi un lampione stradale attiri circa 150 falene ogni notte. In Germania, in questo periodo, i lampioni stradali causano complessivamente ogni anno la morte di 150 bilioni di insetti, di cui 150 miliardi di falene (Eisenbeis & Hassel 2000, Strassmann 2002). Molti insetti muoiono anche a causa delle pubblicità luminose o delle pareti illuminate. Ritenuto che gli insetti svolgono un ruolo importante in quanto impollinatori e base della catena alimentare, le ripercussioni negative dell'illuminazione stradale sugli insetti potrebbero avere gravi conseguenze ecologiche.

La luce ha tre diversi effetti sugli insetti (Eisenbeis 2005, cfr. fig. 10):

A) Il «*flight-to-light effect*», anche denominato «*fixation effect*» o «*captivity effect*» (effetto di attrazione): l'attività normale degli insetti è disturbata da fonti di luce artificiale. Le falene, ad esempio, volano sui prati alla ricerca di fiori. Quando si avvicinano a un lampione stradale, sono possibili diverse interazioni:

- volano direttamente sul vetro di protezione caldo e vengono immediatamente bruciate;
- più spesso girano all'infinito intorno al lampione stradale, anziché cercare cibo, accoppiarsi o deporre le uova, finché non sono catturate da un predatore o muoiono di sfinimento;
- alcuni insetti riescono a lasciare l'area nei dintorni del lampione e a ritornare nella zona buia, dove restano inattivi al suolo o nella vegetazione. Questo comportamento è probabilmente riconducibile al notevole effetto di abbagliamento della lampada.

B) In caso di «*crash barrier effect*» (effetto barriera di sicurezza) viene disturbata la traiettoria di volo su lunghe distanze degli insetti. Esempio: un insetto attraversa in volo una valle costeggiando un fiumiciattolo. Durante il volo si orienta tramite punti di riferimento naturali. Successivamente, l'insetto incrocia una strada illuminata e la luce gli impedisce di seguire la sua traiettoria. Esso è attratto dalla luce e subisce lo stesso destino causato dal «*flight-to-light effect*». Con una distanza media tra i lampioni stradali da 30 a 50 metri, una strada illuminata può diventare una barriera insuperabile per gli insetti notturni, frammentando il loro spazio vitale.

C) Nel caso del «*vacuum cleaner effect*» (effetto aspirapolvere) gli insetti che di regola non cambiano ubicazione sono allontanati dal loro spazio vitale. Di conseguenza, in certe zone si possono raggiungere densità di insetti contro natura, mentre in altre gli insetti mancano del tutto. Ciò provoca a sua volta degli effetti, come ad esempio l'impossibilità per i pipistrelli di trovare cibo in queste zone.

A lungo termine, questi tre effetti determinano una diminuzione delle popolazioni di insetti interessate. L'entità di tali ripercussioni sugli insetti dipende dalla luminosità generale dell'ambiente. In caso di luna piena, ad esempio, tali ripercussioni, in particolare il «*flight-to-light effect*», sono meno marcate.

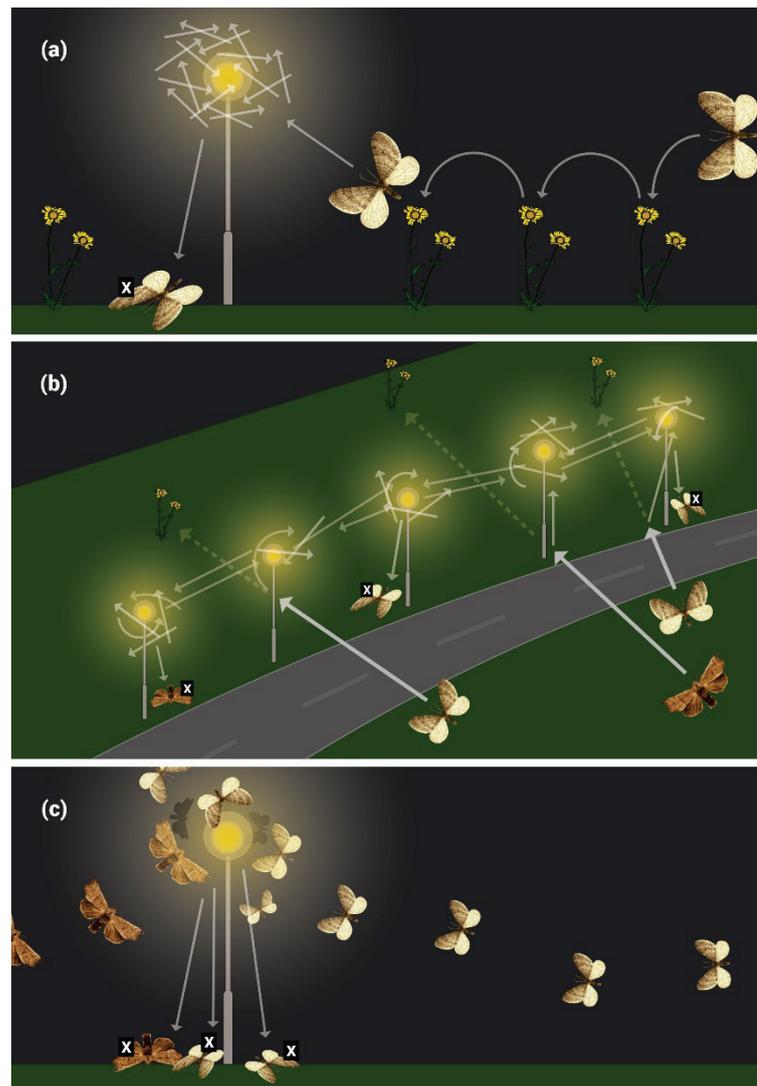


Figura 10: Principali effetti della luce artificiale sul comportamento degli insetti in prossimità dei lampioni stradali: a) «fixation effect» o «captive effect», b) «crash barrier effect», c) «vacuum cleaner effect» (Eisenbeis 2005).

La forza di attrazione delle singole lampade dipende fortemente dal loro spettro luminoso. Per gli insetti sono particolarmente attrattive le componenti ultraviolette della luce. In generale, la luce bianca attira più insetti rispetto alla luce arancio-giallastra. Beneficiano delle emissioni luminose soprattutto le specie più frequenti e con maggiore capacità di adattamento (SWILD 2011). Sono attratte dai lampioni stradali specialmente le falene, nonché i tricotteri e gli efemerotteri notturni.

La luce artificiale disturba invece la comunicazione sessuale dei lampiridi e delle lucciole (coleotteri), in quanto le femmine attirano i maschi mediante la luce da loro generata. Questa comunicazione è fortemente compromessa se la femmina si trova in prossimità di una fonte di luce (Vaz et al. 2021, Frank 2005, Lloyd 2005).

## Piante

Le piante ricevono ininterrottamente segnali biotici e abiotici, tra cui segnali luminosi. Per la percezione della luce, le piante utilizzano quattro diverse famiglie di fotorecettori. Una di queste è la famiglia dei fitocromi, responsabile della regolazione di numerosi aspetti dello sviluppo delle piante: allungamento delle foglie (attivato dalla luce), crescita del fusto (impedito dalla luce), costruzione dell'apparato per la fotosintesi (attivato) e formazione dei fiori (attivato o impedito). In molte piante, la formazione dei fiori è attivata da una determinata lunghezza critica della giornata, anche in funzione della temperatura. Se le piante sono illuminate con luce artificiale durante la fase di buio, in alcune specie è possibile che ciò impedisca la formazione dei fiori, mentre in altre la stessa ne risulta stimolata (Briggs 2005).

Finora sono stati effettuati numerosi studi sui meccanismi di percezione della luce e sui ritmi giornalieri delle piante. Studi specifici sugli effetti dell'illuminazione artificiale notturna sulle piante sono invece rari. I primi studi sono tuttavia stati in grado di dimostrare cambiamenti fisiologici nelle piante esposte all'illuminazione notturna (Meravi and Prajapati 2018; Bennie et al. 2016). Questi cambiamenti hanno a loro volta influito sull'aspetto, la crescita e l'utilizzazione delle risorse delle piante.

Come mostrano osservazioni nella vita quotidiana, in autunno, i rami degli alberi illuminati direttamente dai lampioni stradali perdono le foglie più tardi a causa dell'allungamento artificiale della giornata (cfr. fig. 11).



*Figura 11: In autunno, i rami degli alberi illuminati direttamente dai lampioni stradali perdono le foglie più tardi a causa dell'allungamento artificiale della giornata. Ciò potrebbe comportare un indebolimento degli alberi in prossimità degli insediamenti.*

### **A1.2.3 Effetti sugli spazi vitali**

È difficile fare affermazioni generali sugli effetti della luce artificiale notturna sugli spazi vitali. Anche la previsione o l'analisi degli specifici effetti in un determinato spazio vitale è difficile poiché sia l'una che l'altra dipendono dagli effetti cumulativi della luce sulle singole specie o addirittura sui singoli individui. Sulla base delle considerazioni fatte finora in merito agli effetti dell'illuminazione notturna su singoli (gruppi di) specie, si deve tuttavia partire dal presupposto che l'illuminazione notturna, a causa del suo influsso sui rapporti interspecifici, abbia effetti significativi sugli spazi vitali e sull'integrità funzionale di un ecosistema. Si dovrebbe pertanto sempre agire secondo il principio di prevenzione.

Lo spazio vitale delle specie lucifughe diviene sempre più piccolo e più frammentato a causa della crescente perdita di oscurità notturna. Ciò pregiudica fortemente il flusso genetico delle popolazioni, compromettendone la sopravvivenza. L'istituzione di un'infrastruttura ecologica è dunque uno dei punti centrali del piano d'azione per la biodiversità; ciò include tra l'altro i corridoi bui.

Anche se gli effetti fisiologici o i cambiamenti comportamentali concernono solo singole specie, andando a comprometterne la capacità di sopravvivenza, questo ha conseguenze di ampia portata per la comunità della specie e per l'ecosistema. Il disturbo del ritmo giorno-notte naturale e lo spostamento delle fasi di attività possono, ad esempio, comportare una (accresciuta) concorrenza interspecifica (Hoffmann et al. 2018). L'illuminazione stradale influisce su molteplici interazioni tra insetti e piante. È stato infatti dimostrato che anche in Svizzera una parte non trascurabile di piante è impollinata anche da impollinatori notturni (Knop et al. 2017). Alcune specie sono addirittura specializzate nell'impollinazione notturna. Alcuni esperimenti hanno inoltre potuto dimostrare che il tasso di

impollinazione può diminuire in aree illuminate poiché alcuni degli impollinatori evitano la luce (Giavi et al. 2021). Anche gli insetti erbivori o i danni causati dalla loro alimentazione possono essere influenzati dalla luce artificiale (Giavi et al. 2020), così come le relazioni tra predatori e prede possono essere disturbate da influssi sia sulle prede che sui predatori (Bolliger et al. 2020).

I vari spazi vitali sono molto diversi per quanto riguarda la sensibilità e l'esposizione alla luce artificiale. Sono particolarmente colpite, ad esempio, le acque spesso illuminate nelle vicinanze delle città. Numerose specie di animali acquatici dell'intera catena alimentare sono sensibili alla luce notturna artificiale. Pesci, anfibi, tricoteri ed efemeroteri, pulci d'acqua, zooplancton e turbellari sono organismi che vivono nelle acque e che sono fortemente influenzati dalla luce artificiale.

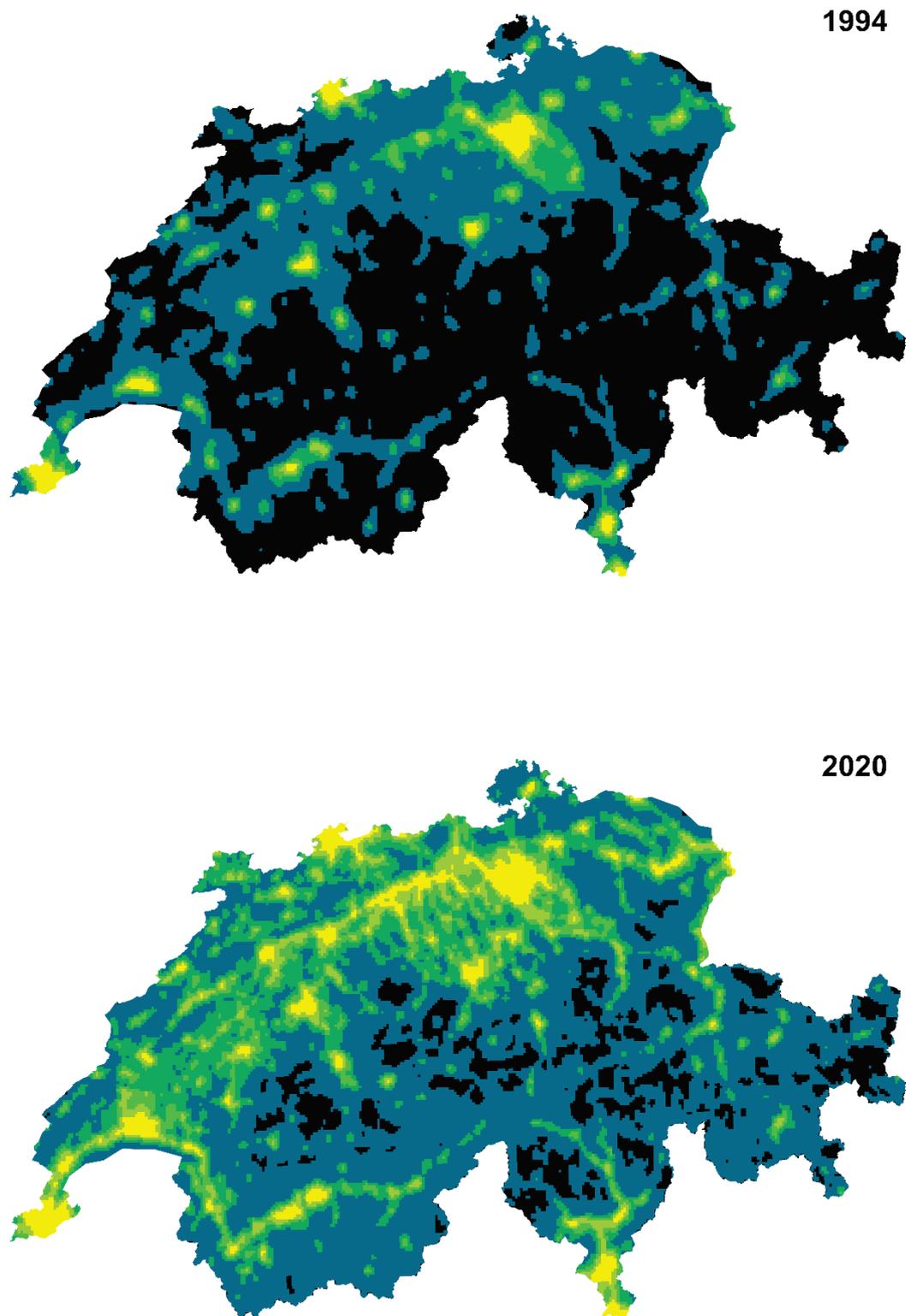
Gli effetti della luce artificiale di notte e la conseguente perdita di oscurità notturna sono tanto vari quanto i diversi gruppi di organismi e gli spazi vitali. I fattori che influiscono sono molteplici, tra cui l'illuminazione stessa (intensità luminosa, spettro, durata dell'illuminazione ecc.), la sensibilità della rispettiva specie (percezione della luce, finestre di attività ecc.) e una gran varietà di fattori ambientali (struttura dello spazio vitale, stagionalità, biocenosi ecc.). È tuttavia incontestato che le illuminazioni notturne sono potenzialmente in grado di influenzare i processi fisiologici e il comportamento degli animali. Gli spazi vitali di animali lucifughi diventano frammentati. Al fine di ridurre al minimo gli effetti dannosi, si devono per quanto possibile evitare illuminazioni (secondo il principio di prevenzione, anche se nell'area non si prevedono effetti diretti) o limitarne l'impiego soltanto dove sono assolutamente necessarie.

### **A1.3 Effetti sul paesaggio notturno**

La Convenzione europea del paesaggio (2000) definisce il paesaggio come «una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni» (art. 1). L'illuminazione artificiale ha un effetto importante sul paesaggio notturno.

L'oscurità notturna diminuisce in tutto il mondo a causa dell'aumento delle emissioni luminose ed è relegata in zone sempre più piccole. Grandi zone naturalmente buie diventano sempre più rare in Europa. Ciò comporta la *perdita del paesaggio notturno naturale*. Sull'Altopiano svizzero, l'illuminazione artificiale del cielo notturno è talmente forte da consentire di vedere a occhio nudo solo una frazione delle stelle potenzialmente visibili. In Svizzera, contribuiscono all'aumento delle emissioni luminose, tra l'altro, l'elevato grado di espansione urbana e il numero elevato di ubicazioni in zone frammentate, da dove la luce artificiale illumina il paesaggio (UFAM 2012).

La Rete d'osservazione del paesaggio svizzero LABES (UFAM 2010, 2013, 2017) analizza con un indicatore l'evoluzione delle emissioni luminose. Sulla base di immagini satellitari viene determinata l'intensità della luce emessa verso l'alto, che si compone di emissioni indirizzate direttamente verso l'alto e di luce diffusa. Complessivamente, tra il 1994 e il 2020 in Svizzera le emissioni luminose indirizzate verso l'alto sono più che raddoppiate (cfr. fig. 12). Negli ultimi 25 anni anche la quota di superfici buie è diminuita nettamente: nel 1994 l'oscurità naturale era ancora osservabile solo sul 28 per cento della superficie nazionale, mentre nel 2009 solo sul 18 per cento. Sull'Altopiano sin dal 1996 non è più possibile trovare neppure un chilometro quadro di oscurità notturna, mentre nel Giura dal 2008 (UFAM e WSL 2017, 2013).



*Figura 12: Tra il 1994 e il 2020 le emissioni luminose indirizzate verso l'alto e riflesse sono più che raddoppiate. Le emissioni luminose si sono intensificate in modo particolarmente marcato nei centri urbani, ma anche nelle regioni periferiche si registra una diminuzione dell'oscurità (UFAM e WSL 2017, 2013).*

## A2 Conflitti di obiettivi e sinergie

La *società delle 24 ore* anima ora definitivamente sia parti dello spazio urbano sia di quello rurale (ARE 2015). Ciò comporta inevitabilmente un aumento delle emissioni luminose: l'illuminazione dei luoghi di lavoro (ad es. uffici, postazioni di lavoro all'aperto, fabbriche) rimane accesa fino a notte fonda o persino ininterrottamente. I negozi rimangono aperti più a lungo, le vetrine e i pannelli pubblicitari brillano nella notte e anche i quartieri dello svago richiedono un'illuminazione costante. In questo capitolo s'intende segnalare i diversi conflitti di obiettivi, ma anche le sinergie derivanti, da un lato, dall'utilizzo della luce per scopi diversi e, dall'altro, dall'impegno a ridurre le emissioni luminose.

### A2.1 Sport e turismo

Promuovere le attività sportive e l'attività fisica dell'intera popolazione: questo è il mandato affidato alla Confederazione, in collaborazione con i Cantoni, i Comuni e le associazioni sportive, in virtù dell'articolo 68 della Costituzione federale (*Cost.*; *RS 101*) e della legge federale sulla promozione dello sport e dell'attività fisica (*RS 415.0*). La promozione avviene nell'interesse del rendimento fisico e della salute della popolazione, della formazione globale e della coesione sociale. Per praticare sport e attività fisica sono necessarie infrastrutture adeguate come palestre, stadi o campi sportivi, ma anche superfici nella natura, come piste per lo sci alpino o di fondo o finlandesi, poiché l'«esperienza a contatto con la natura» è uno dei motivi più importanti che spingono la popolazione a fare sport.

Le *necessità di spazio dello sport e dell'attività fisica* possono tuttavia generare conflitti, in particolare quando si tratta di limitare il traffico, le immissioni foniche e quelle luminose. L'illuminazione artificiale di impianti sportivi esterni può generare immissioni luminose notevoli nell'ambiente circostante (cfr. fig. 13). Tenuto conto della crescente scarsità di superfici e dei numerosi interessi in materia di utilizzazione e protezione, diventa sempre più difficile mettere a disposizione i necessari spazi per l'attività fisica. Sia nell'interesse della promozione dello sport che in quello di una sensata densificazione dello spazio insediativo utilizzato, deve sussistere la possibilità di praticare la maggior quantità possibile di attività sportiva e fisica nelle vicinanze della popolazione, ossia negli agglomerati e nelle zone limitrofe. Per fronteggiare la diffusa carenza di possibilità di allenamento, in molte località i campi da calcio sono dotati di erba artificiale e di illuminazione per poterli sfruttare maggiormente e più a lungo durante l'anno (EBP 2016).



*Figura 13: Per tenere conto della densificazione dello spazio utilizzato, i nuovi impianti sportivi sono realizzati, per quanto possibile, all'interno degli agglomerati esistenti e nelle zone adiacenti. Inoltre, i nuovi edifici abitativi vengono costruiti in prossimità di campi sportivi esistenti. Per poter utilizzare i campi in misura più intensiva e più a lungo durante l'anno, in molti luoghi sono dotati di erba artificiale e illuminazione, la quale può generare considerevoli immissioni luminose nell'ambiente circostante.*

L'illuminazione delle infrastrutture sportive può essere importante anche per il turismo. Ad esempio, nell'ambito del turismo invernale si cercano nuove nicchie per poter contrastare il calo dei pernottamenti e le ripercussioni dovute a un innevamento più incerto. L'illuminazione delle piste per lo sci di fondo, per le slitte o da sci consente di estendere l'offerta di attività alle ore notturne, sia come possibilità di allenamento, sia come offerta supplementare per la popolazione che lavora o come ulteriore attrazione per gli ospiti (Kostenzer 2013).

Anche l'allestimento di edifici storici e nuclei urbani è un mezzo impiegato per attirare i visitatori nelle regioni turistiche e nelle città. Durante l'elaborazione dei relativi *piani di illuminazione delle città* (ad es. Plan Lumière Lucerna) si è scoperto che i centri cittadini erano già talmente luminosi da rendere impossibile la valorizzazione di edifici o di oggetti particolari e che avrebbe avuto senso, dal punto di vista strutturale, ridurre complessivamente il livello d'illuminazione (Città di Lucerna 2006).

Negli ultimi anni, il numero di piani di illuminazione di questo tipo è aumentato, in particolare nelle grandi città. Questa evoluzione è stata promossa anche da nuove possibilità tecnologiche nel campo dell'illuminazione. Dall'illuminazione di ampie superfici degli edifici storici mediante proiettori, si è nel frattempo passati, ad esempio, all'utilizzo di speciali procedure di proiezione che consentono di valorizzare gli edifici con precisione, impiegando qualsivoglia colore o effetto. La precisione impiegata nell'illuminazione aiuta a ridurre le emissioni indesiderate (cfr. all. A5.7), ma colori ed effetti speciali possono anche provocare il risultato opposto.

Misure concrete per limitare le emissioni luminose degli impianti sportivi e turistici sono indicate in particolare nei seguenti capitoli:

- A5.2 Ulteriori infrastrutture di trasporto (stazioni, fermate ecc.)
- A5.3 Infrastrutture sportive
- A5.6 Spazi pubblici e piazze
- A5.7 Edifici e oggetti pubblici

## **A2.2 Pubblicità luminosa**

Dall'inizio del XX secolo, la diffusione della luce elettrica ha anche portato all'impiego di pubblicità luminosa durante la notte. Le prime scritte pubblicitarie erano composte da lampadine a incandescenza allineate una accanto all'altra. Nel 1909 sono poi stati sviluppati i tubi al neon, con cui si potevano formare direttamente lettere e caratteri complessi, illuminandoli in colori diversi; questo sistema è in parte utilizzato ancora oggi per la pubblicità luminosa (Museum für Energiegeschichte(n) 2013). A partire dagli anni Sessanta, le superfici di maggiori dimensioni sono state retroilluminate con lampade fluorescenti. Oltre alle insegne luminose, alle insegne illuminate e luminescenti e alle illuminazioni delle vetrine che servono ai negozi per la propria pubblicità, esistono anche diverse forme di cassette luminose e pannelli d'affissione luminescenti per la pubblicità di terzi. Nel frattempo, si utilizzano anche grandi schermi con immagini in movimento per la pubblicità negli spazi esterni.

Negli ultimi tempi, l'ulteriore evoluzione tecnologica verso i LED ha permesso luminosità sempre maggiori con un consumo di elettricità costante o addirittura inferiore. Secondo una rilevazione disposta dall'Ufficio federale dell'energia (UFE), nel 2010 la pubblicità all'esterno mediante l'illuminazione delle vetrine e pubblicità luminose ha consumato circa 900 gigawattora (GWh) di elettricità. In base a questo studio, lo spegnimento notturno da mezzanotte alle sei del mattino e la conversione dell'illuminazione delle vetrine a LED permetterebbero di risparmiare il 60 per cento del consumo di corrente (S.A.F.E. 2014).

Da un lato, la pubblicità negli spazi pubblici è voluta, le imprese auspicano di avere in tal modo più clienti o migliori vendite, genera entrate per le città e i Comuni ed è considerata un segno della vitalità economica di una regione. La pubblicità deve quindi poter esplicitare i suoi effetti in modo ottimale e catturare. Dall'altro lato, una crescita selvaggia della pubblicità all'esterno è indesiderata per diversi motivi. Se la pubblicità scompare nella massa, non può più adempiere il suo scopo vero e proprio. Inoltre, essa non deve avere ripercussioni negative sull'immagine urbana e non deve pregiudicare la sicurezza stradale. Oltre a ciò, emissioni luminose generate dagli impianti pubblicitari sono sempre più percepite come fastidiose dalla popolazione e contribuiscono in generale a un aumento della luminosità

degli spazi esterni e quindi all'inquinamento luminoso (Amt für Städtebau Zürich 2006, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2014).

Misure concrete per limitare le emissioni luminose delle pubblicità luminose sono indicate in particolare nel seguente capitolo:

→ A5.8 Pubblicità luminosa

### A2.3 Sicurezza

L'illuminazione svolge un ruolo importante in diversi aspetti della sicurezza e nel senso di sicurezza individuale. La *vista dell'essere umano* è in grado di adattarsi a un'ampia gamma di luminosità ambientali diverse e di rilevare impressioni sensoriali sia di giorno con molta luce che di notte con poca luce grazie a diversi recettori:

- nel caso della *luce diurna*, la visione avviene tramite i *coni* (visione fotopica). La visione fotopica è caratterizzata da un'elevata acuità visiva, da un'elevata sensibilità differenziale e dalla possibilità di riconoscere i colori;
- i *bastoncelli* intervengono nella visione *notturna* (visione scotopica), che permette di percepire le differenze di luminosità, ma non di distinguere i colori;
- nella zona di transizione si parla di *visione crepuscolare* (visione mesopica). In questo caso sono coinvolti sia bastoncelli che coni, ma la percezione dei colori è limitata.

Nel caso della visione fotopica, l'occhio è più sensibile nell'area spettrale giallo-verde (con una lunghezza d'onda di 555 nanometri [nm]), mentre nel caso della visione crepuscolare e notturna, la sensibilità massima è spostata nell'area blu-verde (509 e 507 nm). Di conseguenza, il blu appare più chiaro al crepuscolo, mentre il rosso è percepito quasi come nero (Thews et al.1991, CIE 191:2010).

L'*adattamento della vista* passando da un ambiente luminoso a uno buio (adattamento al buio) ha una durata relativamente lunga (alcuni minuti). È più veloce l'adattamento quando si passa da ambienti bui ad ambienti luminosi (adattamento chiaro-scuro): in caso di forte infiltrazione improvvisa di luce nell'occhio adattato al buio si verifica dapprima un temporaneo abbagliamento, seguito dall'adattamento della sensibilità dell'occhio alla nuova luminosità dell'ambiente entro 15–60 secondi (Thews et al. 1991).

L'occhio può quindi adattarsi a un'ampia gamma di differenze di luminosità, ma ciò richiede un certo periodo di tempo durante il quale la capacità visiva è ridotta di conseguenza. Per questo motivo, dal punto di vista della sicurezza, il più delle volte non conta tanto il livello, quanto piuttosto l'uniformità dell'illuminazione, per evitare quanto più possibile effetti di abbagliamento e adattamenti.

Una percezione oggettivamente limitata è considerata sgradevole anche dal punto di vista soggettivo (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015). Per quanto riguarda la sicurezza, occorre quindi distinguere tra sicurezza oggettiva, da un lato, e senso soggettivo di sicurezza, dall'altro.

All'ambito della *sicurezza oggettiva* deve essere attribuita l'illuminazione funzionale volta a permettere all'uomo di svolgere le proprie attività anche di notte il più possibile in sicurezza e senza i rischi che altrimenti risulterebbero da una limitazione della capacità visiva.

Per la *sensazione soggettiva di sicurezza*, invece, sono determinanti, oltre all'illuminazione funzionale e piuttosto estetica, destinata a creare un'atmosfera gradevole, anche altri fattori come il controllo sociale, la configurazione dello spazio o le possibilità di orientamento.

#### A2.3.1 Sicurezza sul lavoro

Secondo l'articolo 35 dell'*ordinanza sulla prevenzione degli infortuni* (OPI, RS 832.30), i locali, i posti di lavoro, i passaggi e i corridoi, ecc. all'interno e all'esterno degli edifici, devono essere illuminati in modo che la sicurezza e la salute dei lavoratori non siano messe in pericolo. Per l'illuminazione delle postazioni di lavoro all'aperto, nella sua guida online<sup>9</sup> la Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro (CFSL) rinvia alla norma SN EN 12464-2:2014: Illuminazione dei posti lavoro – Parte 2: posti di lavoro in esterno.

<sup>9</sup> [www.guida.cfsl.ch](http://www.guida.cfsl.ch), capitolo 1333.2 Illuminazione dell'ambiente di lavoro (consultata il 6.9.2016)

Questa norma prescrive il modo in cui devono essere illuminati diversi posti di lavoro all'aperto, come cantieri, stazioni di servizio, impianti industriali o marciapiedi delle stazioni, in funzione del comfort visivo e della capacità visiva. Al capitolo 4.5 contiene anche valori indicativi per limitare l'effetto di disturbo degli impianti di illuminazione esterna per l'ambiente circostante (cfr. ulteriori spiegazioni in merito a questa norma nell'all. A3.4.2).

### **A2.3.2 Sicurezza stradale**

L'illuminazione delle strade è stata originariamente introdotta nelle città e nei grandi agglomerati per migliorare l'ordine pubblico e la sicurezza soggettiva. Con l'aumento del grado di motorizzazione degli utenti della strada, essa è diventata nel frattempo un aspetto centrale della sicurezza stradale. A causa della capacità visiva ridotta, al buio è più difficile gestire la complessità dei compiti stradali, reagire alle differenze di velocità o individuare perturbazioni nello scorrimento del traffico. Tuttavia, nel caso dei tipici incidenti notturni, oltre all'oscurità, sono rilevanti anche altri fattori, come elevate velocità di guida dovute a una minore presenza di traffico sulla strada, un numero maggiore di spostamenti sotto l'influsso dell'alcol, la stanchezza generale o un comportamento spesso poco conforme alle norme da parte degli utenti della strada (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

Per quanto attiene alle emissioni luminose, una fonte principale è costituita in particolare dalle illuminazioni stradali sovradimensionate, con un orientamento del fascio luminoso non più in linea con i tempi. Nel caso specifico delle aree del centro dei grandi agglomerati urbani, i lampioni stradali possono inoltre provocare elevate immissioni per i residenti a causa della distanza spesso ridotta dalle abitazioni adiacenti (SLG 2016, Rechsteiner & Anderle 2015). Oltre a ciò, a seconda del loro spettro luminoso, i lampioni stradali attirano gli insetti notturni e, a causa della loro distanza inferiore a 30–50 metri possono diventare una barriera insuperabile, frammentandone in tal modo lo spazio vitale (UFAM 2012).

Per quanto riguarda la sicurezza stradale, risulta importante impiegare la giusta quantità di luce nel luogo giusto (Tiefbauamt del Cantone di Berna 2015a). Un'illuminazione secondo il motto «più è meglio è» non è opportuna ed è spesso controproducente. Ad esempio, durante i tragitti al di fuori dei centri abitati, l'occhio umano si adatta all'ambiente illuminato solo dall'illuminazione del veicolo. Se la persona al volante incontra un'illuminazione stradale troppo forte all'entrata della località successiva, viene abbagliata e quindi all'uscita dalla località per alcuni secondi attraversa nuovamente il paesaggio alla cieca (Tiefbauamt del Cantone di Berna 2015b). Per poter impiegare l'intensità luminosa corretta nel luogo giusto, invece di singole soluzioni individuali occorre un piano globale ben studiato.

#### **Digressione: esperienze relative alla sicurezza stradale e all'illuminazione stradale a Berlino**

Sebbene l'importanza dell'illuminazione per la sicurezza stradale sia generalmente nota, sembrano esistere solo pochi studi sull'effettiva correlazione tra il livello di luce presente e la sicurezza stradale. Di conseguenza, in vista di un piano globale per l'illuminazione, la città di Berlino ha fatto esaminare gli incidenti verificatisi tra il 2006 e il 2008 di giorno, al crepuscolo e al buio (FGS 2010).

Le valutazioni di Berlino non hanno evidenziato alcun nesso significativo tra l'intensità luminosa e gli incidenti con danni alle persone. Le strade con un livello d'illuminazione relativamente basso hanno registrato un numero di incidenti simile a quello delle strade con un livello d'illuminazione piuttosto elevato. Tuttavia, al buio i pedoni hanno subito molto spesso incidenti, e ciò in particolare in corrispondenza di incroci e di sbocchi stradali. I pedoni sono gli unici utenti della strada senza una luce propria; al contempo, a causa della mancanza di protezione, le conseguenze degli incidenti sono nella maggior parte dei casi notevolmente più gravi per loro che per altri utenti della strada (FGS 2010).

Ritenuto che il buio non è di per sé un fattore che favorisce gli incidenti, lo studio berlinese è giunto alla conclusione che per la pianificazione dell'illuminazione il motto «più è meglio è» non risulta appropriato dal punto di vista della sicurezza stradale e che l'illuminazione deve piuttosto essere impiegata in funzione dei problemi. Per le carreggiate e gli spazi laterali si reputa sufficiente un'illuminazione di base che favorisca l'orientamento poiché l'uniformità dell'illuminazione è in ultima analisi più decisiva del livello di luce stesso (FGS 2010). La città di Berlino ha quindi sviluppato proprie prescrizioni per l'illuminazione delle strade. Rispetto alla norma europea sull'illuminazione stradale, i valori prescritti relativi all'intensità luminosa sono in parte nettamente inferiori (fino alla metà), mentre per quanto

concerne l'uniformità della luminanza, le prescrizioni sono identiche (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

Nei punti di conflitto e nelle zone critiche, così come in particolare anche in corrispondenza di passaggi e attraversamenti pedonali, è opportuno intensificare in modo puntuale l'impiego della luce. In questi punti, mediante un impiego mirato della luce, si dovrebbe garantire che i pedoni al margine della strada spicchino rispetto allo sfondo grazie a un sufficiente contrasto (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

### **Prescrizioni per l'illuminazione di strade e passaggi pedonali**

Se l'autorità competente ha deciso di illuminare un tratto stradale, per l'allestimento dell'illuminazione, in Svizzera è consuetudine attenersi al pacchetto di norme SN EN 13201 «Illuminazione stradale», che si compone di cinque parti (SNR 13201-1 e SN EN 13201-2 a 5). Nell'allegato A4 della parte 2, la norma contiene anche indicazioni qualitative sulle modalità di riduzione della luce molesta che colpisce residenti e zone limitrofe. Integrazioni alla norma sull'illuminazione stradale sono state pubblicate in una direttiva dall'Associazione svizzera per la luce (SLG) (SLG 202).

La norma SN 640 241 «Attraversamenti per pedoni e biciclette – Passaggi pedonali» dell'Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS) esige che, di notte, i passaggi pedonali e le loro zone di avvicinamento, nonché, all'interno delle località, anche gli attraversamenti pedonali senza demarcazioni, siano illuminati in modo da poter riconoscere le persone che attraversano. Per le esatte modalità di allestimento dell'illuminazione, la norma rinvia alla direttiva SLG 202 (cfr. per ulteriori informazioni anche l'all. A5.1 del presente aiuto all'esecuzione).

Misure concrete per limitare le emissioni luminose delle illuminazioni stradali sono indicate in particolare nel seguente capitolo:

→ A5.1 Infrastruttura stradale (illuminazione stradale)

### **A2.3.3 Sicurezza contro la criminalità**

Fino al XVII secolo, prima che l'illuminazione stradale divenisse la norma nelle città europee in seguito all'industrializzazione, durante la notte negli agglomerati l'ordine era mantenuto mediante divieti. La sera, porte e portoni venivano sbarrati e gli sconosciuti espulsi dalla città. Chi usciva di casa col buio, doveva portare con sé una lanterna o una candela. Infatti, chi si sottraeva allo sguardo delle guardie notturne in quanto privo di luce era considerato sospetto e doveva temere delle sanzioni (Schulte-Römer 2013).

Anche per quanto riguarda la criminalità, la luce è associata alla sicurezza, mentre il buio all'insicurezza. Tuttavia, i pareri in merito alla misura in cui l'intensità della luce contribuisce a ridurre il numero effettivo di reati quali rapine, scippi, lesioni corporali o effrazioni, divergono (Mobilità pedonale Svizzera 2015).

Finora non sono stati svolti studi che dimostrano chiaramente un nesso tra l'intensità luminosa e il numero di reati. L'interazione tra i fattori che determinano in ultima analisi l'esecuzione o l'impedimento di un reato è probabilmente troppo complessa. Anche *la luce, a seconda della situazione, può contribuire a prevenire o, viceversa, agevolare i reati*. Ad esempio, infatti, soltanto con un'illuminazione sufficiente l'autore di un reato può riconoscere se una determinata persona potrebbe essere una vittima idonea a seconda dell'abbigliamento di alta qualità, dell'età o del sesso. Oppure, al buio, un ladro di automobili non è in grado di capire se conviene scassinare un'automobile e sarebbe scoperto se si aggirasse intorno ai veicoli con una torcia, illuminandone l'interno; in un parcheggio ben illuminato, invece, un potenziale scassinatore può gironzolare tra le auto indisturbato alla ricerca del proprio bottino (EBP 2016).

Anche nel caso delle abitazioni e degli appartamenti, gli scassinatori non vogliono in linea di massima essere visti e desiderano per quanto possibile evitare di incontrare qualcuno; s'introducono quindi nelle abitazioni quando ritengono che non sia presente nessuno al loro interno. Di conseguenza, le effrazioni nei locali commerciali avvengono principalmente di notte, quando sono vuoti, mentre la maggior parte delle effrazioni nelle abitazioni private avviene durante il giorno o nelle prime ore della sera poiché la maggior parte delle persone non è a casa, ma sul posto di lavoro, oppure si dedica ad altre attività (PSC 2014).

Anche se la maggior parte delle *effrazioni nelle abitazioni private* avviene di giorno, l'illuminazione riveste una notevole importanza nella loro prevenzione. Soprattutto in autunno e in inverno i reati di effrazione si concentrano durante il crepuscolo. Diversamente da quanto accade di notte, nelle prime ore della sera i potenziali autori di reati che gironzolano furtivamente intorno alle abitazioni passano inosservati, in quanto in questa fascia oraria ci sono ancora molte persone nelle strade. Essendo già buio, le loro caratteristiche personali sono però difficilmente riconoscibili, mentre per loro è più semplice scoprire se qualcuno si trova in casa a seconda della presenza o meno di luce all'interno (EBP 2016, cfr. anche l'all. A5.9.5).

Un aspetto dell'illuminazione che riveste un'importanza centrale in relazione ai reati è il *contrasto chiaro-scuro*. In presenza di forti contrasti, gli autori di reati possono nascondersi nelle zone buie e osservare le potenziali vittime senza essere individuati. Infatti, le persone che si trovano nella zona illuminata, quasi come se si trovassero su un palcoscenico illuminato, non riescono a riconoscere nulla nelle zone buie poiché i loro occhi sono adattati alla luminosità. Laddove grandi differenze di luminosità comportano la presenza di vie di fuga per i potenziali autori di reati, ad esempio vicoli laterali bui, aumenta anche il rischio di altri reati come vandalismi ed effrazioni.

I contrasti chiaro-scuro aumentano anche i tempi di reazione a causa del tempo di adattamento degli occhi, aspetto che può ripercuotersi negativamente sul lavoro della polizia, per cui *un'illuminazione* il più possibile *uniforme* costituisce un vantaggio. Inoltre, il livello di luce dovrebbe essere sufficientemente elevato da consentire l'identificazione delle espressioni e delle caratteristiche del volto. In alcuni luoghi, ad esempio in alcune zone di Berna o Berlino, secondo le prescrizioni si deve riconoscere un volto a una distanza di 4 metri (Città di Berna 2009, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

Oltre all'uniformità e all'intensità, per il chiarimento dei reati è importante anche la resa cromatica dell'illuminazione: più la resa è migliore, più precise possono essere anche le deposizioni dei testimoni (EBP 2016). La resa cromatica dipende essenzialmente dalla tecnologia di produzione della luce (lampadina a incandescenza, lampadina fluorescente compatta, diodi luminosi ecc.) o dallo spettro della luce prodotta. Le lampade a vapori di sodio, che in pratica emettono luce solo nella zona giallo-rossa, hanno ad esempio una resa cromatica nettamente peggiore rispetto ai diodi a emissioni luminose (LED) che emettono luce su un spettro più ampio<sup>10</sup> (cfr. anche l'all. A2.4).

In tal caso, a seconda dello *spettro luminoso* utilizzato, possono sorgere dei *conflitti di obiettivi* tra la protezione della natura e della popolazione. Infatti, la luce con un'elevata presenza di blu ha effetti particolarmente rilevanti dal punto di vista biologico e può avere un forte effetto di attrazione sugli insetti (cfr. all. A1.2.2) o influenzare il ritmo notte-giorno degli esseri viventi (cfr. all. A1.1.5). Se la scelta della lampada è effettuata in modo da ridurre al minimo la percentuale di blu della luce prodotta, è possibile diminuire le conseguenze negative per l'ambiente. In particolare, secondo i primi studi, sembra che le lampade LED di colore bianco caldo attirino meno gli insetti rispetto ad altri corpi luminosi, presentando al contempo una buona resa cromatica e rendendo quindi possibili anche sinergie tra le esigenze di sicurezza e di protezione.

Indicazioni sulle misure che si possono adottare per limitare le emissioni luminose quando si impiegano illuminazioni per la protezione dalla criminalità sono disponibili in particolare nel capitolo seguente:

→ A5.9.5 Impiego massiccio della luce per impedire effrazioni

#### **A2.3.4 Sensazione soggettiva di sicurezza**

La luce e il buio non influiscono solo sugli aspetti oggettivi della sicurezza, ma anche sulla sensazione soggettiva di sicurezza. Nella *popolazione* sussistono tuttavia notevoli *differenze* in proposito a seconda dell'età e del sesso. Mentre i giovani hanno in parte proprio l'esigenza di incontrarsi in luoghi bui, le persone più anziane sono più propense a evitare l'oscurità. Anche le donne si sentono spesso più insicure degli uomini al buio in determinati luoghi pubblici, così come le persone con limitazioni fisiche hanno esigenze diverse per quanto riguarda l'illuminazione ai fini della loro mobilità (EBP 2016).

<sup>10</sup> Esistono tuttavia differenze per quanto riguarda la resa cromatica anche all'interno delle varie tecnologie di illuminazione (ad es. LED). Per la classificazione si utilizza l'indice di resa cromatica Ra.

Secondo alcuni studi, il buio influisce fortemente sulla percezione di uno spazio pubblico come *luogo pauroso*. Sono considerati tipici luoghi paurosi, ad esempio, le gallerie e i sottopassaggi, i garage, i parchi, le strade, le piazze e le fermate dei trasporti pubblici vuote. Anche se le statistiche sulla criminalità mostrano che i luoghi paurosi sono raramente luoghi in cui sono compiuti reati, questa problematica deve essere presa in seria considerazione poiché spinge le persone a considerare percorsi alternativi, a evitare determinati luoghi, gli spostamenti a piedi o l'utilizzo dei trasporti pubblici oppure a non uscire più da sole (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

Gli esempi di luoghi paurosi si riferiscono alla percezione della luce o del buio e della sicurezza nell'area urbana. Nell'*ambiente rurale* questa percezione può differire, come risulta da un'indagine condotta nell'ambito del programma nazionale di ricerca PNR 48 «Paesaggi e habitat dell'arco alpino»<sup>11</sup>. Mentre, secondo lo studio, in città gli spazi (urbani) sono stati percepiti come sicuri grazie all'illuminazione, gli abitanti dei villaggi non si sono sentiti minacciati dall'oscurità e non sono state espresse esigenze di maggiore illuminazione al loro interno: laddove si conoscono gli spazi, ci si sente sicuri sia alla luce che al buio. [...] Nei villaggi, la notte e l'oscurità sono quindi considerate qualcosa da rispettare. (Hungerbühler & Morici 2006, pag. 178)

L'illuminazione da sola non aumenta quindi la sensazione soggettiva di sicurezza, che dipende anche da altri fattori. In questo contesto è in particolare centrale l'esistenza di un *controllo sociale*. Le persone si sentono più sicure solo quando hanno l'impressione di essere viste anche in una situazione critica e quindi di poter in teoria ottenere anche aiuto (BPR 2016).

Un ulteriore fattore importante per avere una sensazione positiva di sicurezza è la possibilità di *orientarsi bene*. L'illuminazione e l'organizzazione degli spazi dovrebbero quindi essere concepiti in modo da rendere ben riconoscibili il tracciato, i punti di accesso e le eventuali possibilità di fuga (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2015).

Si riesce a orientarsi meglio in presenza di un'*illuminazione uniforme* (senza zone buie e abbagliamenti). In caso di importanti contrasti di luce, gli spazi non illuminati o debolmente illuminati appaiono inoltre molto più bui. Ad esempio, quindi, in presenza di vetrine molto luminose, i passanti possono percepire la strada davanti alle stesse come buia, benché in realtà sia sufficientemente illuminata. Nella pianificazione dell'illuminazione devono pertanto essere incluse le fonti già presenti e quelle indirette, come l'illuminazione di piazze e strade circostanti, l'illuminazione delle vetrine o altre illuminazioni interne che influiscono sull'esterno (EBP 2016).

Per creare buone possibilità d'orientamento e garantire un'illuminazione uniforme, nelle zone pedonali o d'incontro dei centri urbani può essere auspicabile illuminare in modo discreto le facciate degli edifici attigui a strade e vie. Infatti, se le facciate rimangono completamente buie, a causa del contrasto luminoso presente può verificarsi un «*effetto tunnel*» che la gente sulla strada percepisce negativamente. In questo caso sussiste un conflitto di obiettivi rispetto all'intento di orientare la luce in modo più preciso possibile solo sulle superfici da illuminare, come strade e marciapiedi, evitando di indirizzarla nelle abitazioni adiacenti. Attualmente esistono soluzioni tecniche che permettono di illuminare uno spazio in modo diverso a seconda dell'ora del giorno e di spegnere la luce rivolta sulle facciate a partire da una determinata ora (cfr. all. A5.6).

Anche la *tonalità della luce (temperatura di colore)* può contribuire a far sentire bene le persone in un luogo pubblico. Ad esempio, a bassa intensità luminosa, di notte la luce bianca calda, come quella della classica lampadina a incandescenza, è percepita da molte persone come più gradevole rispetto alla luce bianca fredda, spesso usata nei tubi fluorescenti. Dove ci si sente bene, ci si sente più sicuri (EBP 2016).

La messa in rilievo di simboli o edifici di particolare importanza per una città e che possono anche fungere da *punti di riferimento* crea sentimenti di appartenenza e di unione. Ciò può contribuire a ridurre il vandalismo e la dispersione di rifiuti nell'ambiente (*littering*), con conseguenti effetti positivi anche sulla sensazione di sicurezza (EBP 2016).

<sup>11</sup> Nell'ambito del progetto «FIAT LUX! The Making of Night Landscapes in the Alpine Area» sono stati condotti sondaggi in Ticino, da un lato in una città (Lugano) e dall'altro in un Comune rurale (Verscio).

### Esempio pratico: considerazione e riduzione di illuminazioni delle vetrine esistenti

Uno dei primi passi nell'elaborazione di un piano d'illuminazione per la città di Lucerna, il Plan Lumière, consisteva nell'analisi dell'illuminazione esistente. Da questo rilevamento è risultato, tra l'altro, che le piazze e le viuzze della città vecchia erano dominate dalla luce delle vetrine dei negozi. I conseguenti forti contrasti causavano una percezione molto negativa dell'ambiente circostante. Per ridurre la luminosità delle vetrine e quindi raggiungere un'illuminazione più uniforme, la Città di Lucerna ha definito nel proprio regolamento sulle luci artificiali valori limite concreti per quanto riguarda l'intensità luminosa e la luminanza ammesse di vetrine, pubblicità luminose e sui tetti (Città di Lucerna 2008, cfr. anche l'all. A5.8.1).

#### A2.4 Diodi a emissioni luminose (LED) nell'illuminazione esterna

Con l'introduzione dei diodi a emissioni luminose (LED) ha avuto inizio un mutamento radicale nell'ambito illuminotecnico. Lo *sviluppo dei diodi luminosi* risale agli anni Sessanta. Le prime a essere introdotte sul mercato sono state le lampadine LED rosse, utilizzate ad esempio come indicatore di stato nei dispositivi elettronici. Nel corso di decenni di progresso tecnico si è riusciti a produrre anche altri colori: prima giallo, poi verde e negli anni Novanta anche blu. In questo modo, mescolando i colori fondamentali rosso, verde e blu, è stato possibile generare per la prima volta anche la luce LED bianca. L'intensità luminosa era tuttavia ancora molto limitata e inizialmente anche la qualità non era molto elevata poiché nello spettro cromatico dei LED misti mancavano molte tonalità intermedie (SvizzeraEnergia 2015).

Per ottenere una luce bianca con uno spettro cromatico continuo, si è quindi iniziato ad applicare un sottilissimo strato luminoso di fosforo su un chip LED blu. Il fosforo giallo trasforma gran parte della luce blu in bianco. A seconda dello spessore dello strato di fosforo, è possibile regolare la temperatura di colore (da bianco freddo, passando per il bianco neutro, sino a bianco caldo). Da alcuni anni, i LED sono sempre più utilizzati anche nell'illuminazione pubblica. Per quanto riguarda la riduzione degli effetti indesiderati delle emissioni luminose sull'uomo e sull'ambiente, se utilizzati correttamente, i LED offrono alcuni vantaggi rispetto ai dispositivi convenzionali d'illuminazione.

Le lampade LED possono contribuire in modo significativo a ridurre le emissioni luminose poiché, grazie alla generazione mediante piccoli diodi, la luce è orientata in modo più mirato rispetto alle altre lampade. In particolare nel caso dell'illuminazione stradale, le immissioni nell'ambiente circostante possono in questo modo diminuire (cfr. fig. 14). Per quanto riguarda l'illuminazione dei campi sportivi, invece, per stabilire le immissioni che si verificano nell'ambiente circostante è determinante non tanto il dispositivo d'illuminazione (LED o lampade convenzionali), quanto piuttosto il tipo di proiettore (a raggio simmetrico o asimmetrico). I proiettori asimmetrici consentono di limitare meglio la luce alla superficie da illuminare (cfr. cap. 3.3.5). Tuttavia, a partire da una determinata altezza delle lampade (ca. 20 m; a seconda della distanza tra i proiettori e la superficie del campo sportivo) è opportuno l'impiego di proiettori simmetrici poiché apportano più luce alla superficie da illuminare.





Figura 14: Esempio di calcolo per una strada illuminata una volta con lampade a vapori di sodio ad alta pressione (HST, 100 watt [W], sopra) e una volta con LED (78 W, sotto). In entrambe le situazioni, l'illuminamento orizzontale medio sulla carreggiata è di circa 15 lux (HST: 14,5 lux, LED: 15,4 lux). Tuttavia, con l'illuminazione a LED si irradia meno luce sulle facciate adiacenti. Nel caso dell'illuminazione a LED, l'illuminamento verticale massimo sulla facciata a sinistra è pari a 1,2 lux, ossia meno della metà rispetto ai 2,9 lux per l'illuminazione con lampade HST, mentre sulla facciata a destra è pari a 6,2 lux (LED) o solo al 58 per cento rispetto ai 10,7 lux (HST) (SLG 2016).

Con i diodi luminosi, a causa della produzione concentrata e mirata della luce, in caso di ottica o di direzione del fascio luminoso errata sussiste il *rischio di abbagliamento* quando è possibile guardare direttamente la lampada. Gli abbagliamenti di utenti della strada e pedoni su strade e marciapiedi non sono oggetto del diritto ambientale a cui si riferisce il presente aiuto all'esecuzione (i valori indicativi di cui al cap. 5.3 per la valutazione dell'abbagliamento molesto non sono quindi applicabili). Tuttavia, ai fini della sicurezza stradale, gli abbagliamenti degli utenti della strada devono essere assolutamente presi in considerazione al momento di pianificare o ristrutturare l'illuminazione pubblica.

Un ulteriore vantaggio delle lampade a LED consiste nel fatto che le stesse si *attenuano gradualmente* e quindi la loro intensità può essere regolata meglio rispetto alle altre illuminazioni. Pertanto, è possibile impostare il livello d'illuminazione in modo più preciso sui valori normali prescritti ed evitare di eccedere nell'adempimento delle norme. Inoltre, con i LED è possibile mantenere il *flusso luminoso costante per tutta la durata di vita della lampada*<sup>12</sup>. Per tale ragione, le illuminazioni stradali non devono ad esempio essere sovradimensionate, come avveniva con le precedenti tecnologie per garantire che la strada fosse ancora sufficientemente illuminata in base alla norma anche alla fine della durata di vita delle lampade (SLG 2016).

Se (ad es. grazie all'attenuazione graduale e alla tecnologia CLO) si illumina solo nella misura necessaria, senza sovrailluminare, si contribuisce non solo a ridurre le emissioni luminose, ma anche a risparmiare energia. Rispetto ad altri dispositivi d'illuminazione, in linea di massima i diodi luminosi presentano già una *buona efficienza energetica*. Considerata l'elevata efficienza energetica, occorre tuttavia prestare attenzione a evitare un ulteriore ampliamento dell'illuminazione o l'introduzione di molteplici nuovi tipi d'illuminazione, contraddicendo in tal modo il principio della riduzione delle emissioni (ad es. illuminazione di singoli alberi, piante ecc. in giardini o parchi, facciate luminescenti ecc.). Questo effetto, ossia una domanda supplementare dovuta all'aumento dell'efficienza, è denominato *effetto rebound* (SvizzeraEnergia 2015).

Ulteriori opportunità e rischi dei diodi luminosi derivano *dalla composizione cromatica* della luce LED bianca. Tenuto conto di come viene generata, la luce LED non contiene praticamente componenti ultravioletti e infrarossi. Per questo motivo, la luce bianca contiene quasi tutti i colori dello spettro, con

<sup>12</sup> Ciò può avvenire ad esempio tramite la cosiddetta tecnologia CLO (*Constant Light Output*). I LED di nuova generazione presentano nel frattempo fenomeni di usura talmente minimi (fattore di manutenzione molto elevato) che il loro flusso luminoso rimane praticamente costante per tutta la durata di vita anche senza la tecnologia CLO. Nel caso dei LED conformi ai requisiti tecnici L90/B10, al termine della durata di vita dichiarata si ottiene ancora il 90 per cento del flusso luminoso iniziale e solo il 10 per cento dei moduli presenta un livello inferiore a questo flusso luminoso. La pulizia regolare (manutenzione) delle lampade e dei sensori garantisce un'efficienza energetica e un funzionamento duraturi.

una conseguente buona resa cromatica. Una *buona resa cromatica* facilita la visione. Tuttavia, a seconda della temperatura di colore, le varie componenti dello spettro dei LED sono molto diverse (cfr. fig. 15).

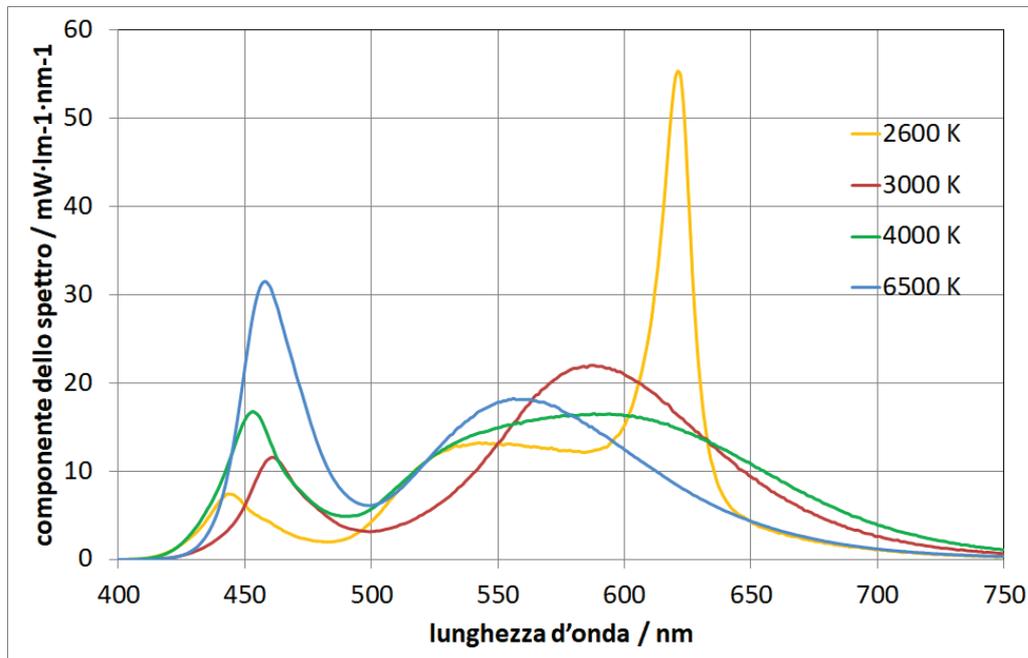


Figura 15: Spettri luminosi di tipiche lampade a LED bianche di diversa temperatura di colore, che generano la luce bianca mediante la conversione della luce blu con il fosforo. Mentre lo spettro dei LED a luce bianca fredda (6500 kelvin [K]) presenta un picco marcato nella zona della lunghezza d'onda blu (a circa 460 nm), la percentuale di blu nei LED a luce bianca neutra (4000 K) è già nettamente inferiore. Anche i LED a luce bianca calda possono presentare ancora del blu nello spettro a seconda della modalità di costruzione (cfr. es. con 3000 K). La minore percentuale di blu si trova nei LED a luce bianca calda con una temperatura di colore di 2600 K. Gli spettri di luce rappresentati sono normalizzati dal punto di vista fotometrico, si riferiscono quindi allo stesso flusso luminoso in lumen (misurazioni e grafica: METAS).

La luce LED neutra e bianca fredda contiene nello spettro emesso un picco marcato nell'area della lunghezza d'onda blu (da 420 a 490 nm). Rispetto alla visione diurna, la sensibilità dell'occhio umano è spostata verso il blu nella visione crepuscolare e notturna. A pari intensità luminosa, la luce bianca fredda e neutra appare quindi più luminosa per l'occhio umano rispetto a quella bianca calda.

Gli astronomi temono che la *luminosità del cielo notturno* aumenterà notevolmente se gli attuali dispositivi d'illuminazione, in larga misura costituiti da lampade a vapori di sodio e che emettono una luce bianca calda o arancio-giallastra con una temperatura di colore di circa 2000 K, saranno sostituiti su vasta scala da lampade LED a luce bianca neutra con una temperatura di colore di 4000 K. La luce contenente una percentuale maggiore di blu nello spettro non solo appare più luminosa per l'occhio umano a parità d'intensità, bensì le componenti luminose blu a onde corte si diffondono anche maggiormente nell'atmosfera rispetto a quelle rosse a onde lunghe, contribuendo in tal modo in misura maggiore a illuminare il cielo notturno (Falchi et al. 2016).

Nella pratica, per le lampade LED situate nei centri urbani, nelle zone pedonali, nelle strade di quartiere e in quelle residenziali si impiega per lo più luce bianca calda con una temperatura di colore di 3000 K, mentre per l'illuminazione funzionale delle strade piuttosto una luce bianca neutra (4000 K). Le lampade con temperature di colore pari o superiori a 5000 K sono utilizzate alquanto raramente (Humm 2015).

Le lampade LED a luce bianca calda sono meno efficienti dal punto di vista energetico rispetto alle lampade LED a luce bianca fredda o neutra. I LED con 3000 K presentano un'efficienza minore in misura di circa il 10–20 per cento rispetto ai LED con 4000 K (indicazioni dei produttori). Sussiste quindi un determinato conflitto di obiettivi tra lo sforzo di risparmiare energia, da un lato, e l'impiego della luce bianca calda per ridurre gli effetti biologici e la percezione della popolazione, dall'altro. Infatti, in

presenza di un'elevata percentuale di blu, sussiste un forte effetto di attrazione sugli insetti (cfr. all. A1.2.2) o è possibile un influsso sul ritmo notte-giorno degli esseri viventi (cfr. all. A1.1.5).

In ultima analisi, occorre prestare attenzione anche al corretto *smaltimento e riciclaggio delle lampade LED*. Secondo l'ordinanza concernente la restituzione, la ripresa e lo smaltimento degli apparecchi elettrici ed elettronici (ORSAE; RS 814.620), i consumatori sono tenuti a riportare le lampade LED usate a un punto vendita o a un punto di raccolta pubblico. I produttori e gli importatori sono tenuti a riprendere gratuitamente le lampadine LED difettose o utilizzate del loro marchio. Le lampade a LED usate vengono trattate in appositi impianti di riciclaggio dei rottami elettronici.

Indicazioni sul possibile modo di ponderare il conflitto di obiettivi tra la temperatura di colore e l'efficienza energetica sono disponibili in particolare nel capitolo seguente:

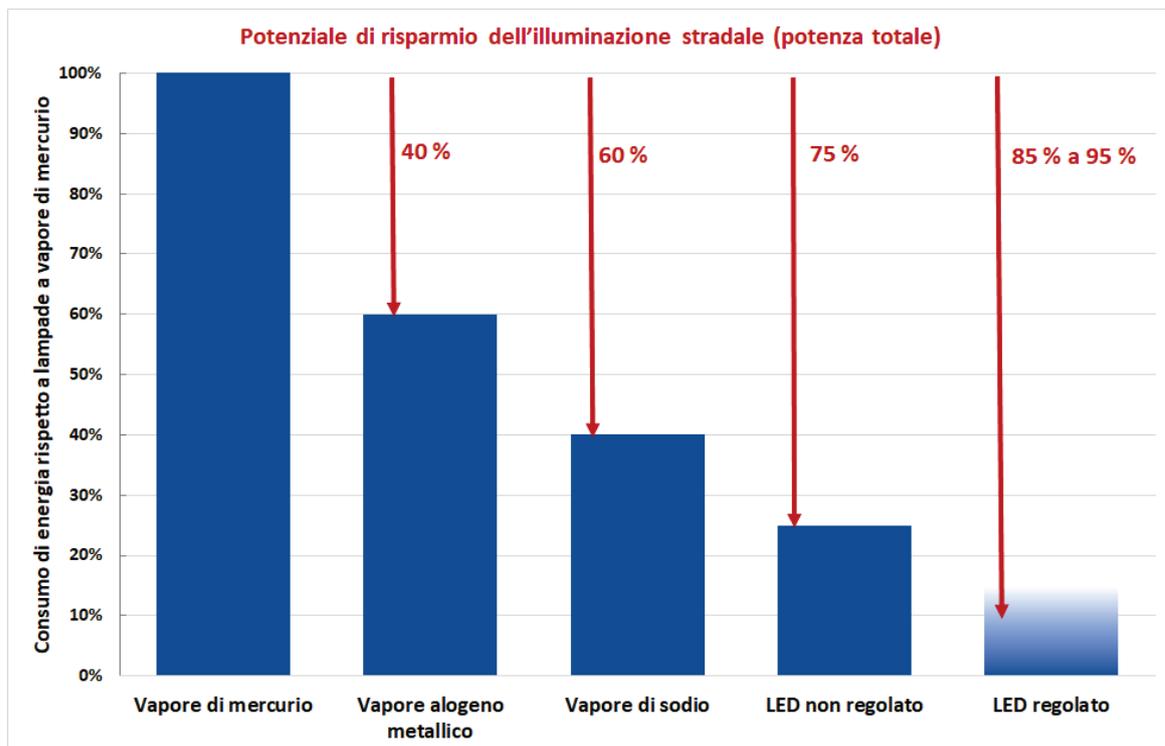
→ 3.3.3 Spettro luminoso / colore della luce

## **A2.5 Efficienza energetica mediante illuminazione stradale a comando intelligente**

Se si evitano emissioni luminose superflue illuminando solo ciò che necessita di illuminazione, si può ridurre il consumo di elettricità. In tal modo, la prevenzione di emissioni luminose superflue contribuisce a un uso parsimonioso e razionale dell'energia conformemente all'articolo 1 capoverso 2 lettera b della legge sull'energia (*LEne; RS 730.0*) (EBP 2016).

Nel 2015, in Svizzera l'illuminazione pubblica di strade e piazze ha consumato circa 425 GWh di energia elettrica (UFE 2016). Oltre la metà potrebbe essere risparmiata utilizzando dispositivi di illuminazione più efficienti come i LED e un abbassamento o una gestione in funzione dei bisogni con sensori di movimento (cfr. fig. 16).

Il vantaggio fondamentale della tecnologia LED nell'illuminazione pubblica consiste solo in parte in una maggiore efficienza energetica rispetto ad altri dispositivi d'illuminazione. A parità d'illuminazione, il fabbisogno energetico di una buona lampada LED è inferiore di circa il 50 per cento (cfr. fig. 16). Il grosso vantaggio consiste tuttavia nel fatto che le lampade LED possono essere accese senza ritardi e attenuate gradualmente e quindi adattate in modo ottimale alle esigenze d'illuminazione. In combinazione con sistemi di comando intelligenti è quindi per la prima volta possibile regolare in funzione dei bisogni anche illuminazioni pubbliche ad elevata intensità luminosa e offrire «luce al bisogno» in diverse varianti (cfr. all. A5.1).



*Figura 16: Consumo di energia e relativo potenziale di risparmio di diversi dispositivi di illuminazione stradale rispetto alle vecchie lampade a vapore di mercurio. Il consumo di energia si riferisce alla potenza totale delle lampade (in watt [W]) necessaria per produrre le stesse intensità luminose sulla strada. I potenziali di risparmio qui illustrati sono tipici ordini di grandezza, in singoli casi i valori all'interno di una tecnologia possono differire dal 10 al 15 per cento. In caso di LED regolati, il potenziale di risparmio dipende dalla regolazione (fonte: Haller/EKZ 2017). I ripetuti risparmi di corrente pari a oltre il 50 per cento grazie a LED regolati in modo intelligente rispetto a LED non regolati si confermano anche nella pratica su strade cantonali con un traffico giornaliero medio relativamente elevato (Breuer, 2016).*

In numerose località sono attualmente in corso lavori di modernizzazione dell'illuminazione pubblica. Grazie a lampade a LED a comando intelligente è possibile risparmiare molta energia e, con la giusta pianificazione e realizzazione delle lampade, ridurre anche le emissioni luminose nell'ambiente.

#### **Esempio pratico: risparmio energetico grazie alla «luce al bisogno» sulle strade cantonali bernesi**

Le strade cantonali bernesi sono illuminate da circa 27 000 lampioni. Fino al 2013, consumavano circa 16 GWh di elettricità all'anno, pari a quella consumata da un Comune con circa 3000 case. Avendo molti impianti d'illuminazione della prima generazione superato la loro durata tecnica di vita, circa la metà dei lampioni stradali del Cantone di Berna avrebbe dovuto essere sostituito negli anni successivi. L'ente preposto voleva approfittare di questo rinnovamento per contribuire in modo significativo all'attuazione della strategia energetica.

Il potenziale di risparmio è stato individuato laddove i lampioni stradali erano in funzione durante la notte anche su strade cantonali piuttosto vuote o completamente inutilizzate. Al momento del rinnovo, si doveva dunque sfruttare il fatto che le lampade LED possono essere attenuate gradualmente e regolate molto rapidamente per gestire l'illuminazione mediante il «contatto con l'utente». Se sulla strada non si trova nessun utente, le lampade sono mantenute in un'impostazione di base altamente efficiente sotto il profilo energetico e assolutamente sufficiente per orientarsi; solo quando automobili, biciclette o pedoni entrano nell'area di una lampada, che li rileva mediante dei sensori, quest'ultima, insieme a due o tre lampade vicine, aumenta la propria intensità sino a raggiungere il livello normale. In tal modo, gli utenti sono preceduti da luci che si attivano a tappeto. Quando gli utenti lasciano la zona di rilevamento di una lampada, questa ritorna al livello di orientamento. Al fine di ridurre al minimo il disturbo causato agli abitanti dall'aumento e dalla diminuzione delle intensità luminose, si punta a un passaggio graduale tra la luce di orientamento e quella conforme alle norme.

Sin dalla fase di test di tre impianti pilota, durata un anno, era emerso che la tecnica funziona senza problemi e che i risparmi sono molto elevati. In seguito, fino al 2016 sono stati rimodernati ben 3500 punti luce sulle strade cantonali. Rispetto ai vecchi impianti, nel presente esempio le lampade LED a comando intelligente permettono di risparmiare oltre l'80 per cento di energia elettrica e il 90 per cento dei costi d'esercizio. Stimato sui circa 27 000 lampioni, rispetto al 2013 si ottiene un potenziale di risparmio di 14 GWh di energia elettrica, pari a circa 2,4 milioni di franchi all'anno (Tiefbauamt del Cantone di Berna 2015b, Breuer 2016).

Alla luce di questi risultati, l'illuminazione stradale «al bisogno» ha abbandonato da tempo la fase pilota ed è diventata la norma nel Cantone di Berna. Lungo le sue strade cantonali, con circa 12 000 lampioni stradali a comando intelligente, l'ente preposto gestisce attualmente il più grande impianto di questo tipo in Europa. I valori misurati nell'ambito dell'esercizio pratico di questo grande impianto di «luce al bisogno» confermano le aspettative: si ha un risparmio pari all'80 per cento dei costi energetici, una diminuzione delle emissioni luminose pari a circa il 50 per cento e una riduzione del 90 per cento dei costi d'esercizio. Grazie alle grandi quantità messe a pubblico concorso, l'acquisto di lampade LED a comando intelligente al posto di lampade LED non regolabili non causa nemmeno costi supplementari.

### **A3 Quadro legale**

Il presente capitolo illustra le prescrizioni emanate da diversi atti normativi per la protezione dell'uomo, del paesaggio, della fauna e della flora, nonché dei loro biotopi, dagli effetti della luce.

Una sintesi dei requisiti più importanti disposti dal diritto federale è riportata nell'allegato A3.2, in cui sono disponibili anche indicazioni su chi deve verificare quali aspetti in proposito. I capitoli da 3 a 6 descrivono il modo in cui le relative prescrizioni possono essere attuate e rispettate dal punto di vista tecnico e aziendale e come tale aspetto può essere verificato.

#### **A3.1 In generale**

A livello federale esistono diversi atti normativi che esigono la protezione dell'ambiente e dell'uomo dalle immissioni luminose. A differenza di altri settori ambientali, tale protezione non è tuttavia ancora concretizzata in un'ordinanza.

Oltre alle basi legali della Confederazione (cfr. all. A3.2), esistono anche a livello cantonale e comunale strumenti giuridici che disciplinano la limitazione delle emissioni luminose (cfr. all. A3.3). Inoltre, anche alcune norme di diritto privato e raccomandazioni estere hanno lo scopo di limitare gli effetti negativi dell'illuminazione artificiale (cfr. all. A3.4).

#### **A3.2 Basi legali della Confederazione**

Per prevenire danni e pregiudizi causati dalla luce artificiale sono determinanti in particolare i seguenti atti normativi federali:

- la Costituzione federale (*Cost.*; *RS 101*) con gli articoli 74 e 78;
- la legge federale sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, *LPAmb*; *RS 814.01*) con gli articoli 1 e 7 capoversi 1, 2 e 7, nonché gli articoli da 11 a 14 e da 16 a 18;
- la legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio (*LPN*; *RS 451*) con gli articoli da 1 a 3, 5, 6, 18, 18a, 18b, 20 capoverso 1 nonché gli articoli da 23b a 23d;
- la legge federale su la caccia e la protezione dei mammiferi e degli uccelli selvatici (legge sulla caccia, *LCP*; *RS 922.0*) con gli articoli 1 capoverso 1 e 7 capoverso 4;
- la legge federale sulla pesca (*LFSP*; *RS 923.0*) con l'articolo 5;
- la legge federale sulla pianificazione del territorio (legge sulla pianificazione del territorio, *LPT*; *RS 700*) con gli articoli 1, 3, 17, 22 e 24;
- la legge sull'energia (*LEne*; *RS 730.0*) con gli articoli 1 e 3;
- il Codice civile (*CC*; *RS 210*) con gli articoli 679 e 684.

Nella tabella 12 sono riassunte le principali disposizioni di diritto federale concernenti la limitazione delle emissioni luminose, compresa l'indicazione degli impianti e delle situazioni in cui le rispettive disposizioni si applicano e chi è competente per la loro verifica e il loro rispetto. Spiegazioni più dettagliate sono disponibili nei capitoli a cui si rinvia nella tabella.

Tabella 12: Principali disposizioni di diritto federale concernenti la limitazione delle emissioni luminose

<b>Protezione dell'uomo e dell'ambiente:</b> le disposizioni si applicano in linea di massima a tutti gli impianti di illuminazione.		
<b>Impianti / oggetti protetti</b>	<b>Requisiti giuridici</b>	<b>Competenze</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Impianti:</b> tutti gli impianti fissi presenti nell'ambiente che generano luce artificiale o che modificano la luce naturale del sole. Gli attrezzi sono equiparati agli impianti (art. 7 cpv. 7 LPAmb).</li> <li>— <b>Oggetti protetti:</b> l'uomo, la fauna e la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi (art. 1 cpv. 1 LPAmb).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Limitazioni preventive delle emissioni (1° livello): indipendentemente dal carico inquinante esistente, le emissioni alla fonte devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche (art. 11 cpv. 2 LPAmb). Possibili misure → cap. 3 e A5.</li> <li>— Inasprimento delle limitazioni delle emissioni (2° livello): se è certo o probabile che gli effetti, tenuto conto del carico inquinante esistente, divengano dannosi o molesti (art. 11 cpv. 3 LPAmb). Per la valutazione del disturbo per l'uomo: valori indicativi → cap. 5. → Spiegazioni giuridiche dettagliate: 0</li> </ul>	<p>Autorità (che rilascia l'autorizzazione) competente per il relativo impianto a livello di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Comune;</li> <li>— Cantone;</li> <li>— Confederazione.</li> </ul> <p>I requisiti si applicano sia agli impianti soggetti ad autorizzazione sia a quelli non soggetti ad autorizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— modo di procedere con impianti soggetti ad autorizzazione: → cap. 7.3</li> <li>— modo di procedere con impianti non soggetti ad autorizzazione: → cap. 7.4</li> </ul>
<b>Protezione della biodiversità:</b> disposizioni supplementari in caso d'intervento in habitat degni di protezione.		
<b>Impianti / oggetti protetti</b>	<b>Requisiti giuridici</b>	<b>Competenze</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Impianti:</b> «interventi tecnici» (come le emissioni luminose) in biotopi degni di protezione.</li> <li>— <b>Oggetti protetti:</b> specie animali e vegetali.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Se, tenuto conto di tutti gli interessi, non è possibile evitare che gli interventi tecnici pregiudichino biotopi degni di protezione, chi opera l'intervento prende misure speciali onde assicurarne la migliore protezione possibile, il ripristino o una sostituzione confacente (art. 18 cpv. 1<sup>er</sup> LPN). → Spiegazioni giuridiche dettagliate: A3.2.2</li> </ul>	<p>Autorità (che rilascia l'autorizzazione) competente per il relativo «intervento tecnico» a livello di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Comune;</li> <li>— Cantone;</li> <li>— Confederazione.</li> </ul> <p>I requisiti si applicano sia agli impianti soggetti ad autorizzazione sia a quelli non soggetti ad autorizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— modo di procedere con impianti soggetti ad autorizzazione: → cap. 7.3</li> <li>— modo di procedere con impianti non soggetti ad autorizzazione: → cap. 7.4</li> </ul>
<b>Protezione del paesaggio:</b> disposizioni supplementari in caso di adempimento di compiti federali.		
<b>Impianti / oggetti protetti</b>	<b>Requisiti giuridici</b>	<b>Competenze</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Impianti:</b> gli edifici e tutti gli impianti in relazione con l'adempimento di compiti federali secondo l'articolo 2 LPN.</li> <li>— <b>Oggetti protetti:</b> caratteristiche del paesaggio (paesaggio notturno), rarità naturali (art. 1 cpv. 1 LPN) e gli oggetti contenuti negli inventari federali (art. 5 LPN).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Costruire e mantenere in maniera corrispondente i propri edifici e impianti, oppure rinunciare a costruirli, subordinare le concessioni e i permessi a condizioni o a oneri o negarli (art. 3 cpv. 2 LPN). → Spiegazioni giuridiche dettagliate: A3.2.3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Confederazione (i suoi stabilimenti e le sue aziende)</li> <li>— Cantoni</li> </ul>

### A3.2.1 Protezione dell'uomo e dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente [LPAmb])

Scopo della *legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb; RS 814.01)* è di proteggere l'uomo, la fauna e la flora, le loro biocenosi e i loro biotopi dagli effetti dannosi e molesti (art. 1 cpv. 1 LPAmb). Gli effetti che potrebbero divenire dannosi o molesti devono essere limitati tempestivamente a scopo di prevenzione (art. 1 cpv. 2 LPAmb). Secondo l'articolo 7 capoverso 1, per effetti ai sensi della LPAmb s'intendono anche le «radiazioni» (non ionizzanti) generate dalla costruzione e dall'esercizio di impianti<sup>13</sup>. La luce generata artificialmente durante la notte o la luce solare modificata (ad es. riflessa) dalla costruzione o dall'esercizio di impianti rientra quindi nel campo d'applicazione della LPAmb.

La protezione dalle radiazioni non ionizzanti è finora concretizzata a livello di diritto federale soltanto per lo spettro di frequenze da 0 hertz a 300 gigahertz (ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti, *ORNI; RS 814.710*). La luce visibile con frequenze comprese tra 384 e 789 terahertz e le lunghezze d'onda tra 780 e 380 nanometri non rientra quindi nel campo d'applicazione dell'ORNI. La protezione dalla luce visibile emessa da impianti fissi nell'ambiente deve pertanto essere garantita dalle autorità incaricate dell'applicazione del diritto mediante decisioni emanate direttamente sulla base degli articoli 11–14 e 16–18 LPAmb (cfr. art. 12 cpv. 2 LPAmb).

La protezione offerta dalla LPAmb si articola su due livelli:

- come *primo livello*, l'articolo 11 capoverso 2 LPAmb esige che, indipendentemente dal carico inquinante esistente, le emissioni, nell'ambito della prevenzione, devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche (*limitazioni preventive delle emissioni*);
- in un *secondo livello*, le *limitazioni delle emissioni devono essere inasprite* se è certo o probabile che gli effetti, tenuto conto del carico inquinante esistente, divengano dannosi o molesti (art. 11 cpv. 3 LPAmb). Tali immissioni sono considerate eccessive. Per valutare a partire da quando un effetto è dannoso o molesto, il Consiglio federale fissa mediante ordinanza i valori limite delle immissioni (art. 13 cpv. 1 LPAmb). Secondo l'articolo 13 capoverso 2 LPAmb, al riguardo tiene conto anche degli effetti delle immissioni su categorie di persone particolarmente sensibili quali i bambini, i malati, gli anziani e le donne incinte.

Le emissioni devono essere limitate mediante *misure alla fonte* (art. 11 cpv. 1 LPAmb). Le limitazioni delle emissioni sono prescritte mediante l'emanazione di valori limite, di prescrizioni di costruzione, di esecuzione, di traffico e d'esercizio in un'ordinanza o, in mancanza di tali prescrizioni, mediante decisione (art. 12 LPAmb).

Finora il Consiglio federale non ha fissato *valori limite di immissione* per valutare la dannosità o il disturbo provocato dalla luce. L'autorità incaricata dell'applicazione del diritto deve pertanto valutare nel singolo caso, direttamente sulla base della LPAmb, quando le immissioni di luce devono essere considerate dannose o moleste. A tal fine, può basarsi su indicazioni di esperti e servizi specializzati o anche tenere in considerazione valori limite e indicativi di normative private o estere, purché i loro criteri di valutazione siano compatibili con quelli del diritto ambientale svizzero. Tali norme di diritto privato e raccomandazioni estere sono descritte nell'allegato A3.4. Il capitolo 5 illustra come si può accertare la presenza di immissioni luminose eccessive per l'uomo nel singolo caso concreto mediante valori indicativi.

Negli ultimi anni, il *Tribunale federale* ha emanato alcune decisioni in materia di emissioni luminose direttamente sulla base della LPAmb. In particolare, le sue *decisioni di principio* in merito a un'illuminazione natalizia e decorativa (*DTF 140 II 33*, cfr. all. A5.7) e all'illuminazione di una stazione (*DTF 140 II 214*, cfr. all. A5.7) concretizzano la portata della protezione contro le immissioni luminose. In entrambi i casi, il tribunale non ha ritenuto le immissioni concrete eccessive per l'uomo ai sensi della LPAmb (2° livello). Ha tuttavia confermato il principio secondo cui, nell'ambito della previdenza, le immissioni luminose superflue devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche (1° livello). Considerato il silente aumento dell'inquinamento dovuto alle immissioni luminose e l'attuale mancanza di conoscenze per

<sup>13</sup> «Per impianti s'intendono le costruzioni, le vie di comunicazione, altre installazioni fisse e modificazioni del terreno. Sono loro equiparati gli attrezzi, le macchine, i veicoli, i battelli e gli aeromobili» (art. 7 cpv. 7 LPAmb)

quantificare gli effetti negativi della luce artificiale sulla flora e sulla fauna, il Tribunale federale ritiene che sussista un interesse pubblico a evitare emissioni luminose superflue. Di conseguenza, sostiene che in linea di massima si debba illuminare solo ciò che deve essere illuminato e, per quanto riguarda l'illuminazione irrilevante ai fini della sicurezza, analogamente alla protezione contro l'inquinamento fonico, si debba puntare a un periodo di riposo notturno tra le ore 22 e le ore 6 (Tribunale federale 2014).

### **A3.2.2 Protezione della biodiversità (LPN, legge sulla caccia [LCP], legge sulla pesca [LFSP])**

Le ripercussioni delle immissioni luminose sulla varietà delle specie devono essere valutate nel quadro degli articoli 18 e 20 della *legge sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN; RS 451)*. Le disposizioni della LPN sono precisate negli articoli da 13 a 19 dell'ordinanza sulla protezione della natura e del paesaggio (*OPN; RS 451.1*). L'articolo 14 capoverso 2 OPN contiene disposizioni esecutive relative alle misure di protezione, come in particolare la delimitazione di zone cuscinetto sufficienti dal punto di vista ecologico.

L'estinzione di specie animali e vegetali indigene dev'essere prevenuta mediante la conservazione di spazi vitali sufficienti (biotopi) e altri provvedimenti adeguati (art. 18 cpv. 1 LPN). Devono essere segnatamente protetti le zone ripuali e le paludi, nonché altri siti che nell'equilibrio naturale hanno una funzione compensatrice o presentano condizioni favorevoli alle biocenosi (art. 18 cpv. 1<sup>bis</sup> LPN).

In caso di *interventi tecnici* in biotopi degni di protezione, occorre ponderare tutti gli interessi. Un intervento di natura tecnica passibile di deteriorare biotopi degni di protezione può essere autorizzato solo se è indispensabile nel luogo previsto e corrisponde ad un'esigenza preponderante (art. 14 cpv. 6 OPN). Se un pregiudizio non può essere evitato, secondo l'articolo 18 capoverso 1<sup>ter</sup> LPN e l'articolo 14 capoverso 7 OPN, chi opera l'intervento prende misure speciali onde assicurarne la migliore protezione possibile, il ripristino o una sostituzione confacente. Anche le emissioni luminose costituiscono un intervento tecnico ai sensi delle disposizioni e in caso di ammissibilità dell'intervento devono essere limitate nell'ambito delle misure di protezione.

Secondo l'articolo 1 capoverso 1 lettera a della *legge sulla caccia (LCP; RS 922.0)*, si devono conservare la diversità delle specie e gli spazi vitali di mammiferi e uccelli indigeni e migratori viventi allo stato selvatico. Per la conservazione a lungo termine della fauna selvatica è necessario adottare misure di protezione contro i disturbi. Si tratta soprattutto di limitare, per quanto possibile, i disturbi provocati da attività umane turistiche, sportive e di altro genere, legate a emissioni luminose, negli habitat di mammiferi e uccelli selvatici (art. 7 cpv. 4 LCP).

Secondo l'articolo 5 della *legge sulla pesca (LFSP; RS 923.0)*, il Consiglio federale designa le specie e razze minacciate di pesci e gamberi. Per proteggere i loro spazi vitali occorre adottare misure, ad esempio anche contro le immissioni luminose.

### **A3.2.3 Protezione del paesaggio (legge sulla protezione della natura e del paesaggio [LPN])**

Le immissioni luminose possono pregiudicare il paesaggio notturno e quindi, in senso lato, le caratteristiche del paesaggio e l'aspetto degli abitati. Tali interventi devono pertanto essere valutati nel quadro degli articoli 3 e 6 della *legge sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN; RS 451)*.

La Confederazione, i suoi stabilimenti e le aziende federali come pure i Cantoni sono tenuti, nell'adempimento dei compiti della Confederazione ai sensi dell'articolo 2 LPN, a provvedere affinché le caratteristiche del paesaggio, l'aspetto degli abitati, i luoghi storici, le rarità naturali e i monumenti culturali siano rispettati e, ove predominanti in essi l'interesse generale, siano conservati intatti (art. 3 LPN).

Essi adempiono questo dovere costruendo e mantenendo in maniera corrispondente i propri edifici e impianti, oppure rinunciando a costruirli, subordinando le concessioni e i permessi a condizioni o a oneri o negandoli, nonché subordinando a condizioni la concessione di sussidi oppure negandola (art. 3 cpv. 2 LPN).

Questa protezione della LPN si applica in modo particolarmente severo agli oggetti degli inventari federali di cui all'articolo 5 (cfr. art. 6 LPN). Per le zone palustri protette dalla Costituzione si applicano gli articoli 23b–23d LPN.

Una decisione di principio fondata sulla LPN è stata emessa dal Tribunale federale in relazione all'illuminazione del Pilatus (*DTF 123 II 256*, cfr. all. A5.10).

Il 27 maggio 2020 il Consiglio federale ha adottato la Concezione «Paesaggio svizzero» (CPS 2020) aggiornata. La CPS è lo strumento di pianificazione della Confederazione per la sua politica paesaggistica. Essa si prefigge, tra l'altro, di strutturare progetti e pianificazioni in modo che i paesaggi sotto pressione restino a disposizione anche in futuro come spazi abitativi, lavorativi e ricreativi di alta qualità. Nel quadro dell'obiettivo 3.B «Promozione della salute nell'ambito di zone d'insediamento e di zone ricreative di prossimità», la CPS aggiornata intende ridurre anche le emissioni luminose moleste. Un fattore decisivo in questo contesto è l'illuminazione delle infrastrutture di trasporto, che contribuisce in modo determinante all'inquinamento luminoso all'interno e all'esterno degli insediamenti. Secondo l'obiettivo 10.C, occorre pertanto ottimizzare anche l'illuminazione delle infrastrutture di trasporto.

#### **A3.2.4 Pianificazione del territorio e procedura di autorizzazione edilizia (legge sulla pianificazione del territorio [LPT])**

La *legge federale sulla pianificazione del territorio (LPT; RS 700)* esige che Confederazione, Cantoni e Comuni provvedano, tra l'altro, a proteggere le basi naturali della vita, come il paesaggio (art. 1 cpv. 2 lett. a LPT). In questo ambito si devono osservare i principi pianificatori di cui all'articolo 3 LPT, secondo cui, ad esempio nell'ottica della protezione del paesaggio, occorre integrare gli insediamenti, gli edifici e gli impianti nel paesaggio e conservare i siti naturali e gli spazi ricreativi (art. 3 cpv. 2 lett. b e d LPT).

Per la conservazione di ruscelli, fiumi, laghi e delle loro rive, nonché di biotopi per gli animali e i vegetali degni di protezione (biotopi degni di protezione) devono essere delimitate *zone protette* (art. 17 LPT). Quali possibili misure di protezione entrano in linea di conto anche misure per la protezione contro le immissioni luminose.

Le autorità incaricate di compiti pianificatori devono strutturare gli insediamenti secondo i bisogni della popolazione, preservando per quanto possibile in particolare *i luoghi destinati all'abitazione* da immissioni nocive o moleste, che possono presentarsi anche sotto forma di immissioni luminose (art. 3 cpv. 3 lett. b LPT).

Nell'ambito delle *procedure di autorizzazione* ai sensi degli articoli 22 (autorizzazione edilizia all'interno delle zone edificabili) e 24 LPT (autorizzazione per edifici e impianti fuori delle zone edificabili), determinati impianti d'illuminazione possono essere autorizzati con misure di protezione dalle immissioni luminose disposte sotto forma di oneri e condizioni oppure non essere autorizzati. Anche in proposito si segnala la decisione di principio del Tribunale federale concernente l'illuminazione del Pilatus, già menzionata nell'allegato A3.2.2 (*DTF 123 II 256*, cfr. all. A5.10).

Contrariamente al diritto ambientale, il diritto federale in materia di pianificazione del territorio costituisce soltanto una legislazione quadro e si limita a prescrivere norme di principio. I Cantoni rimangono quindi sostanzialmente competenti per l'attività legislativa, e ciò allo scopo di poter tenere conto delle loro peculiarità. Lo sviluppo dei principi del diritto federale e dell'esecuzione è quindi essenzialmente compito dei Cantoni. Di conseguenza, la regolamentazione degli impianti che sottostanno a un obbligo di autorizzazione e quelli che ne sono esonerati varia a seconda del Cantone.

### A3.2.5 Ulteriori atti normativi federali

La *legge sull'energia (LEne; RS 730.0)* si prefigge, tra l'altro, l'impiego parsimonioso e razionale dell'energia (art. 1 cpv. 2 lett. b LEne). Ciò significa mantenere l'impiego di energia al livello più basso possibile o impiegare la minor energia possibile per conseguire un determinato risultato energetico (alto rendimento energetico, art. 3 cpv. 2 lett. a e c LEne). Possono essere ordinati provvedimenti solo a condizione che siano fattibili dal punto di vista del progresso tecnico, delle condizioni d'esercizio e delle possibilità economiche. Gli interessi pubblici preponderanti devono essere salvaguardati (art. 3 cpv. 4 LEne). Se le prescrizioni normative relative all'illuminazione vengono rispettate nel modo più preciso possibile e le rispettive superfici non sono sovrailluminate, si ha un impiego razionale dell'energia nel senso summenzionato e si contribuisce al contempo a ridurre le emissioni luminose superflue.

Secondo il *Codice civile (CC; RS 210)* svizzero, usando del diritto di proprietà, ognuno è obbligato di astenersi da ogni eccesso pregiudizievole alla proprietà del vicino. Sono vietate in particolare, tra l'altro, le radiazioni che sono di danno ai vicini e non sono giustificate dalla situazione e destinazione dei fondi o dall'uso locale (art. 684 cpv. 1 e 2 CC). La protezione dalle immissioni stabilita dal diritto privato in materia di vicinato agli articoli 679 e 684 CC può essere invocata indipendentemente dalle misure di limitazione del diritto ambientale, sebbene per valutare cosa debba essere considerato un eccesso pregiudizievole ai sensi dell'articolo 684 CC ci si basi sui relativi criteri della legge sulla protezione dell'ambiente. La protezione dalle immissioni accordata dal diritto privato non contempla inoltre alcuna limitazione preventiva delle emissioni come previsto dall'articolo 11 capoverso 2 LPAmb e si applica soltanto agli impianti situati su un altro fondo. Per un'eventuale procedura di diritto civile sono determinanti le norme del diritto di procedura civile. Il presente aiuto all'esecuzione si occupa esclusivamente del campo d'applicazione del diritto ambientale pubblico.

### A3.3 Regolamentazioni cantonali e comunali

La protezione dalle immissioni luminose è in parte disciplinata in modo giuridicamente vincolante anche a livello cantonale e comunale. In alcuni Cantoni tale protezione è stata integrata nelle *leggi cantonali di applicazione* della legislazione federale sulla protezione dell'ambiente (LALPAmb, LPAmb cantonale) e nelle relative disposizioni d'esecuzione. In queste norme, da un lato, sono stati formulati requisiti generali per evitare le emissioni luminose e, dall'altro, sono stati altresì emanati obblighi di autorizzazione o divieti per determinate illuminazioni (ad es. «skybeamer»).

Anche le *leggi cantonali sull'energia* contengono prescrizioni volte a ridurre le emissioni luminose, mentre solo pochi Cantoni hanno stabilito nei loro piani direttori relativi principi di pianificazione.

Il *diritto edilizio* varia a seconda del Cantone e del Comune poiché il diritto federale in materia di pianificazione del territorio costituisce in linea di principio una legislazione quadro (cfr. all. A3.2.4). Di conseguenza, i tipi di impianti d'illuminazione soggetti ad autorizzazione e quelli esenti non sono disciplinati ovunque in modo uniforme. Gli obblighi di autorizzazione più frequenti riguardano le pubblicità luminose. Tali obblighi sono spesso in relazione alla sicurezza della circolazione stradale (nessuna distrazione o abbagliamento), tuttavia, le pubblicità sono argomento di discussione anche a causa delle ripercussioni sull'ambiente. I relativi *regolamenti in materia di pubblicità* si trovano sia a livello cantonale sia a livello comunale.

*Regolamenti edilizi e di utilizzazione, piani regolatori e piani delle zone comunali* costituiscono anch'essi strumenti giuridici per disciplinare la protezione dalle immissioni luminose. In tal modo, a seconda della zona possono essere stabilite varie modalità di utilizzazione e prescrizioni diverse in materia di emissioni. Nei piani delle zone, un Comune può delimitare concretamente le aree in cui intende ammettere o vietare un determinato impiego della luce.

Infine, anche alcune *leggi e regolamenti comunali di polizia* contengono prescrizioni per evitare le emissioni luminose. In questo contesto si tratta di gestire situazioni di disturbo acute quando si verificano, mentre i principi generali della prevenzione degli effetti dannosi e molesti sono disciplinati in modo esaustivo dalla LPAmb e dalle sue disposizioni esecutive.

### A3.4 Norme e raccomandazioni

Le norme sono documenti che descrivono qualità e peculiarità di un prodotto, di un processo o di un servizio. Esse definiscono lo stato attuale della tecnica e possono stabilire caratteristiche, procedure di prova o requisiti di sicurezza raccomandati. Le norme sono emanate da organizzazioni di diritto privato; di conseguenza, in linea di massima, costituiscono delle raccomandazioni e il loro rispetto è facoltativo. Le norme diventano giuridicamente vincolanti solo se il legislatore o le autorità rinviano alle stesse negli atti normativi (leggi, ordinanze o simili), nelle loro decisioni o se sono oggetto di contratti tra le parti (SNV 2013).

Le organizzazioni internazionali e svizzere competenti per la normalizzazione nel settore della luce e dell'illuminazione sono elencate nella tabella 13. Tutte le norme riportano una denominazione alfanumerica prima del loro numero di norma grazie a cui è possibile stabilire da dove proviene la relativa norma e a quale livello (nazionale, europeo, mondiale) essa è riconosciuta. In linea di massima, le norme svizzere riportano la denominazione «SN», mentre le norme elaborate a livello europeo e integrate nel corpus normativo svizzero sono indicate con la denominazione «SN EN».

Le norme in materia di illuminazione non contengono criteri per decidere se, ad esempio, una strada o un impianto debbano essere illuminati, ma una volta deciso di installare un'illuminazione, forniscono indicazioni in merito alla quantità di luce che dovrebbe essere presente in un determinato luogo per consentire lo svolgimento di determinate attività senza difficoltà o rischi per la sicurezza. Alcune norme includono inoltre prescrizioni volte alla limitazione di emissioni luminose nell'ambiente circostante. Tali norme sono descritte brevemente qui di seguito.

*Tabella 13: Panoramica delle competenze in materia di normalizzazione nel settore della luce e dell'illuminazione*

	<b>Norme relative ai prodotti (ad es. aspetti concernenti la sicurezza, prestazione)</b>	<b>Norme per applicazioni in situazioni specifiche</b>	<b>Norme relative alle basi e alle misurazioni</b>
Mondo	IEC TC 34	ISO TC 274 Light and lighting (CIE)	CIE
Europa (standard EN)	CENELEC TC 34	CEN TC 169 Light and lighting	(CEN TC 169)
Svizzera	CES TK 34	SNV INB NK 199 Licht und Beleuchtung	SLG

**Abbreviazioni:**

- CEN:** *Comité Européen de Normalisation / Comitato europeo di normazione*
- CENELEC:** *Comité Européen de Normalisation Électrotechnique / Comitato europeo di normazione elettrotecnica*
- CES:** *Comité Électrotechnique Suisse*
- CIE:** *Commission Internationale de l'Éclairage / Commissione internazionale per l'illuminazione*
- IEC:** *International Electrotechnical Commission*
- INB:** *Interdisziplinärer Normenbereich*
- ISO:** *International Organization for Standardization*
- NK:** *Comitato di normazione*
- SLG:** *Associazione Svizzera per la luce*
- SNV:** *Associazione svizzera di normalizzazione*
- TC:** *Technical Committee*

### A3.4.1 Norma internazionale

#### CIE 150 «Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations» (Guida per la limitazione degli effetti della luce molesta generata da impianti di illuminazione esterni)

Con la sua «Guida per la limitazione degli effetti della luce molesta generata da impianti d'illuminazione esterni» (CIE 150), la Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) intende contribuire a mantenere entro limiti tollerabili gli influssi dell'illuminazione esterna sull'uomo e sull'ambiente. A tal fine essa raccomanda, tra l'altro, valori indicativi per limitare l'illuminazione degli spazi abitativi e l'abbagliamento molesto e stabilisce valori indicativi anche per ridurre l'illuminazione del cielo. Tutti i valori variano a seconda della zona d'insediamento e sono suddivisi in due fasce temporali (pre-curfew<sup>14</sup>, post-curfew); non è tuttavia indicato un orario specifico.

L'illuminamento verticale in lux funge da unità di misura per l'illuminazione di spazi abitativi. Vengono valutate le immissioni totali che provengono da tutti gli impianti d'illuminazione nei dintorni e che influiscono su un'abitazione (cfr. tab. 14).

Tabella 14: Valori normali per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi secondo la CIE (estratto dalle tab. 1 e 2 della norma CIE150:2017)

Zona periferica	Illuminamento verticale massimo $E_v$ in lux	
	Pre-curfew (prima dell'orario di applicazione)	Post-curfew (dopo l'orario di applicazione)
E0 Intrinsically dark – UNESCO Starlight Reserves, IDA Dark Sky Parks, Major optical observatories	n/a*	n/a*
E1 Dark – Relatively uninhabited rural areas	2	<0,1**
E2 Low district brightness – Sparsely inhabited rural areas	5	1
E3 Medium district brightness – Well inhabited rural and urban settlements	10	2
E4 High district brightness – Town and city centres and other commercial areas	25	5

\* n/a: non applicabile

\*\* In caso di illuminazione (stradale) pubblica questo valore può arrivare fino a 1 lux.

Per valutare l'abbagliamento molesto si ricorre all'intensità luminosa della fonte di luce in candela. L'intensità luminosa massima da rispettare varia a seconda della superficie della lampada e della distanza dal luogo di immissione (cfr. 3 della norma CIE150:2017). Per la verifica di impianti esistenti, nell'allegato C della norma CIE150:2017 è descritto un metodo (cfr. tab. 16) basato sulla valutazione dell'abbagliamento applicata in Germania (cfr. all. A3.4.3).

<sup>14</sup> Per «curfew» (= «orario di chiusura obbligatoria») s'intende un «periodo di riposo» o «periodo notturno». Dopo questo orario, che nelle norme svizzere per l'illuminazione di impianti sportivi e postazioni di lavoro all'aperto viene definito «orario di applicazione», si applicano valori indicativi più severi rispetto alla fascia oraria.

*Tabella 15: Fattore di proporzionalità k per determinare la luminanza massima consentita di fonti tecniche di luce durante le ore di buio sulla base delle zone ambientali da E0 a E4 (secondo la tab. C.1 della norma CIE 150:2017)*

Zona periferica	Fattore di proporzionalità k	
	Pre-curfew (prima dell'orario di applicazione)	Post-curfew (dopo l'orario di applicazione)
E0 Intrinsically dark – UNESCO Starlight Reserves, IDA Dark Sky Parks, Major optical observatories	0	0
E1 Dark – Relatively uninhabited rural areas	32	0
E2 Low district brightness – Sparsely inhabited rural areas	64	32
E3 Medium district brightness – Well inhabited rural and urban settlements	96	32
E4 High district brightness – Town and city centres and other commercial areas	160	32

#### **A3.4.2 Norme svizzere**

##### **SIA 491 (SN 586 491) «Prevenzione delle emissioni di luce esterne inutili»**

La norma 491 della Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) «Prevenzione delle emissioni di luce esterne inutili» (SN 586 491) punta direttamente a un uso parsimonioso della luce nell'ambiente. Essa si rivolge in particolare ad architetti, progettisti, committenti, proprietari, gestori e autorità d'esecuzione con l'obiettivo di attirare l'attenzione di queste categorie professionali sul tema. La norma è intesa come linea guida nell'ambito dell'intero processo di progettazione, realizzazione, esercizio e verifica delle illuminazioni esterne. A tal fine, raccomanda misure generali di progettazione e tecniche per limitare le emissioni luminose indesiderate, ma non contiene valori indicativi per la valutazione delle immissioni eccessive.

##### **SN EN 12193 «Illuminazione sportiva»**

La norma SN EN 12193 disciplina le modalità di illuminazione degli impianti sportivi interni ed esterni. Essa indica i valori di riferimento per l'intensità luminosa, l'uniformità, la limitazione dell'abbagliamento e le caratteristiche cromatiche delle fonti di luce, a cui si può ricorrere per la pianificazione e la verifica dell'illuminazione degli impianti sportivi.

Al capitolo 6.10 «Luce molesta», la norma SN EN 12193 contiene anche valori indicativi per limitare l'effetto di disturbo sulle persone che risiedono nelle vicinanze. Essa si basa sulle prescrizioni della CIE 150, ma non vengono considerate le immissioni totali, bensì le immissioni causate da un singolo impianto. L'unità di misura per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi è l'illuminamento verticale in lux. Per limitare l'abbagliamento molesto si ricorre all'intensità luminosa della fonte di luce in candela. I rispettivi valori indicativi variano a seconda della zona periferica (zone buie o zone con scarsa, media ed elevata luminosità). I valori sono distinti in due fasce temporali (prima e dopo l'orario di applicazione); non è tuttavia indicato un orario specifico (cfr. tab. 16).

L'Associazione svizzera per la luce (SLG) ha emanato diverse direttive contenenti integrazioni relative all'illuminazione per diverse discipline sportive. Nella direttiva SLG 301 (Richtlinie SLG 301

«Beleuchtung von Sportanlagen: Teil 1 – Grundlagen, allgemein») sono anche riportate indicazioni in merito alla riduzione delle emissioni luminose nei dintorni di un impianto di illuminazione.

*Tabella 16: Valori normali per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi e la limitazione dell'intensità luminosa secondo la norma SN EN 12193 «Illuminazione sportiva» (estratto dalla tab. 2 della norma SN EN 12193:2019)*

Zona periferica	Illuminamento verticale medio $E_{vert Ave}$ in lux		Luminosità delle lampade in candela (cd)	
	Prima dell'orario di applicazione	Dopo l'orario di applicazione	Prima dell'orario di applicazione	Dopo l'orario di applicazione
E1 Zone buie, come ad es. parchi nazionali o siti protetti	2	0	2500	0
E2 Zone con scarsa luminosità, come ad es. zone industriali o zone residenziali in ambiente rurale	5	1	7500	500
E3 Zone con luminosità media, come ad es. zone industriali o zone residenziali situate in località suburbane	10	2	10 000	1000
E4 Zone con luminosità elevata, come ad es. i centri urbani e i centri d'affari	25	5	25 000	2500

#### **SN EN 12464-2 «Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 2: Posti di lavoro in esterno»**

La norma SN EN 12464-2 stabilisce il modo di illuminare diversi posti di lavoro all'aperto, come cantieri, stazioni di servizio, impianti industriali o marciapiedi delle stazioni, in funzione del comfort visivo e della capacità visiva. Al capitolo 4.5 sono riportati anche valori indicativi per limitare l'effetto di disturbo degli impianti di illuminazione esterna per l'ambiente circostante. La norma si basa sulle prescrizioni della norma CIE 150, ma non vengono considerate le immissioni totali, bensì le immissioni causate da un singolo impianto. L'unità di misura per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi è l'illuminamento verticale in lux (cfr. tab. 17). Per valutare l'abbagliamento molesto si ricorre all'intensità luminosa della fonte di luce in candela.

I rispettivi valori indicativi variano a seconda della zona periferica (zone buie o zone con scarsa, media ed elevata luminosità). I valori sono distinti in due fasce temporali (prima e dopo l'orario di applicazione); non è tuttavia indicato un orario specifico.

*Tabella 17: Valori normali per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi secondo la norma SN EN 12464-2 «Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 2: Posti di lavoro in esterno» (estratto dalla tabella 2 della norma SN EN 12464-2:2014)*

Zona periferica	Illuminamento verticale massimo $E_v$ in lux	
	Prima dell'orario di applicazione	Dopo l'orario di applicazione
E1 Zone buie, come ad es. parchi nazionali o siti protetti	2	0
E2 Zone con scarsa luminosità, come ad es. zone industriali o zone residenziali in ambiente rurale	5	1
E3 Zone con luminosità media, come ad es. zone industriali o zone residenziali situate in località suburbane	10	2
E4 Zone con luminosità elevata, come ad es. i centri urbani e i centri d'affari	25	5

### **SN EN 13201 (SNR 13201-1 e SN EN 13201-2 a 5) «Illuminazione stradale»**

La norma in cinque parti SN EN 13201 (SNR 13201-1 e SN EN 13201-2 a 5) prescrive le modalità di illuminazione delle strade. Nell'allegato A4 della parte 2, la norma contiene anche indicazioni qualitative sulle modalità di riduzione della luce molesta che colpisce residenti e zone limitrofe. Dal 2016 la norma consente di ridurre il livello d'illuminazione negli orari in cui il volume di traffico è minore; oltre a fornire il proprio contributo al risparmio energetico, ciò consente anche di ridurre le emissioni luminose (cfr. all. A5.1). La SLG ha pubblicato delle integrazioni alla norma sull'illuminazione stradale in una direttiva (SLG 202).

#### **A3.4.3 Regolamentazioni, norme e raccomandazioni estere**

##### **Germania: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) «Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen» (2012)**

Le emissioni e le immissioni luminose rientrano nel campo d'applicazione della legge federale tedesca sulla protezione dalle immissioni («Bundes-Immissionsschutzgesetzes, BImSchG»), il corrispondente tedesco della legge svizzera sulla protezione dell'ambiente. Come in Svizzera, anche in Germania il legislatore non ha finora emanato alcuna regolamentazione concreta per le immissioni di luce artificiale. Per poter effettuare una valutazione uniforme della dannosità delle immissioni di luce ai sensi della legge tedesca sulla protezione dalle immissioni («BImSchG») nell'ambito dell'esecuzione, nel 1993 la comunità di lavoro tedesca della Confederazione/dei Land per la protezione dalle immissioni [«Deutsche Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz» (LAI)] ha pubblicato per la prima volta una direttiva per la misurazione e la valutazione delle immissioni luminose («Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen»). Dopo aver effettuato ampie misurazioni degli impianti di illuminazione, nel 2000 la direttiva è stata rielaborata in modo approfondito e pubblicata con il titolo «Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen» e poi nuovamente adeguata nel 2012. Le illuminazioni stradali sono escluse dalle raccomandazioni (LAI 2012).

Per quanto riguarda l'illuminazione di spazi abitativi, nelle raccomandazioni LAI viene utilizzata la stessa unità di misura impiegata nella CIE (illuminamento in lux). In questo contesto non vengono tuttavia valutate le immissioni totali, bensì le immissioni causate da un singolo impianto di illuminazione (cfr. tab. 18).

Per la valutazione dell'abbagliamento molesto, la LAI applica un principio diverso da quello della CIE. La LAI effettua la valutazione confrontando la luminanza media della fonte di luce abbagliante in  $\text{cd/m}^2$  con una luminanza media massima consentita. Quest'ultima dipende dalla luminanza dell'ambiente circostante e dall'angolo solido da cui è vista la fonte di luce abbagliante nel luogo di immissione.

I rispettivi valori indicativi per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi e dell'abbagliamento molesto variano a seconda del tipo di zona d'insediamento (zone di cura, mere zone residenziali, zone miste, zone artigianali e industriali) e si suddividono in due periodi temporali (dalle 6 alle 22 e dalle 22 alle 6). Per quanto riguarda il livello dei valori indicativi, la LAI segue le raccomandazioni per la misurazione, la valutazione e la riduzione delle immissioni luminose di fonti di luce artificiale («Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen») della società tedesca per l'illuminotecnica («Deutsche Lichttechnische Gesellschaft»; LiTG 12.3 – 2011).

In un primo allegato, la LAI fornisce inoltre indicazioni in merito agli effetti dannosi provocati dagli impianti d'illuminazione sugli animali, e in particolare sugli uccelli e sugli insetti («Hinweise über die schädliche Einwirkung von Beleuchtungsanlagen auf Tiere – insbesondere auf Vögel und Insekten») e presenta delle proposte per la loro riduzione («Vorschläge zu deren Minderung»). Si tratta di misure progettuali e tecniche (ad es. orientamento del fascio luminoso, spettro delle lampade impiegate, ecc.).

In un secondo allegato (stato 3.11.2015), sono riportate raccomandazioni per l'individuazione, la valutazione e la riduzione dell'effetto di abbagliamento provocato da vasti impianti fotovoltaici su superfici libere, nell'ambito di procedure di autorizzazione edilizia («Empfehlungen zur Ermittlung, Beurteilung und Minderung der Blendungswirkung von grossflächigen Freiflächen-Photovoltaikanlagen im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren»).

*Tabella 18: Valori indicativi di immissione per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi secondo la LAI (estratto della tab. 1 della LAI 2012)*

Luogo di immissione (luogo d'impatto)	Illuminamento verticale medio $E_v$ in lux	
	6-22	22-6
Tipo di zona secondo l'ordinanza tedesca sulla destinazione d'uso dei fondi (Baunutzungsverordnung, BauNVO)		
1 Zone di cura, ospedali, case di cura*	1	1
2 Mere zone residenziali Zone residenziali generiche Zone residenziali particolari Piccoli insediamenti Zone adibite allo svago	3	1
3 Villaggi Zone miste	5	1
4 Nuclei** Zone artigianali Zone industriali	15	5

\* Se l'impianto di illuminazione viene attivato regolarmente per meno di un'ora al giorno, anche per le zone indicate nella riga 1 si applicano i valori della riga 2.

\*\* In singoli casi, in presenza di scarsa illuminazione ambientale, i nuclei possono essere assegnati anche alla riga 3.

**Francia: Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses**

Il decreto del 27 dicembre 2018 concernente la prevenzione, la riduzione e la limitazione delle emissioni luminose («Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses») si basa sulla legge francese sulla protezione dell'ambiente («Code de l'environnement»), che prescrive di evitare le emissioni luminose moleste. Il decreto francese contiene prescrizioni tecniche per la progettazione e l'esercizio di impianti di illuminazione esterna e di illuminazione interna la cui luce irrompe all'esterno.

Come ad esempio nella norma CIE 150, in tale decreto sono definite differenti zone periferiche per le quali, a seconda della sensibilità, si applicano prescrizioni diverse per quanto riguarda la durata e l'intensità luminosa, nonché la temperatura di colore. In linea di massima è stabilito che gli impianti di illuminazione non possono emettere flussi luminosi in orizzontale. Inoltre, la temperatura di colore dell'illuminazione pubblica (incl. l'illuminazione dei cantieri) non può superare i 3000 K. Nei parchi naturali regionali, la temperatura di colore non deve essere superiore a 2400 K nelle zone edificate e a 2000 K nelle zone non edificate.

**Austria: ÖNORM O 1052 «Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung»**

L'obiettivo dell'ÖNORM O 1052 austriaca è di stabilire valori indicativi per gli effetti massimi della luce consentiti sull'uomo e sull'ambiente, causati da fonti di luce artificiale di qualsiasi tipo, così come da facciate o insegne illuminate. Nel campo d'applicazione di questa norma rientrano anche gli effetti dell'illuminazione stradale sull'ambiente circostante.

L'unità di misura per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi è l'illuminamento verticale in lux. Determinanti sono le immissioni complessive. I valori indicativi variano a seconda della zona d'insediamento (zona edificata con particolare bisogno di protezione, zona residenziale, zone miste, nuclei) e si suddividono in tre fasce temporali (6–20, 20–22, 22–6). I valori indicativi per la prima fascia temporale corrispondono ai valori della norma CIE 150, mentre quelli delle altre due fasce temporali ai valori della LAI. L'abbagliamento molesto è valutato, analogamente alla LAI, in base alla luminanza in  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

Inoltre, l'ÖNORM è l'unica delle norme menzionate in questa sede che stabilisce anche prescrizioni quantitative per limitare l'illuminazione di spazi abitativi da parte dell'illuminazione stradale e l'illuminazione della natura e dell'ambiente («illuminazione ambientale»).

## A4 Pianificazione dell'illuminazione su vasta scala e piani

### A4.1 In generale

Nella pratica si trovano diversi approcci per includere il tema della riduzione delle emissioni luminose nei processi di pianificazione (del territorio):

- *piani direttori*: alcuni Cantoni hanno stabilito nei loro piani direttori dei principi di pianificazione per la riduzione delle emissioni luminose. Nei testi dei piani direttori dei Cantoni di Sciaffusa e di Turgovia, ad esempio, si stabilisce l'obbligo di evitare il più possibile l'illuminazione artificiale del cielo notturno e di ottimizzare gli impianti d'illuminazione in modo da illuminare gli oggetti in modo mirato ed efficiente (Cantone di Sciaffusa 2014, Cantone di Turgovia 2009);
- *regolamenti edilizi e di utilizzazione, piani regolatori e piani delle zone comunali*: questi strumenti comunali di pianificazione disciplinano le modalità di costruzione e di utilizzazione dei fondi e possono quindi stabilire in modo vincolante anche la protezione dalle immissioni luminose prescrivendo, ad esempio, modalità di utilizzazione e prescrizioni in materia di emissioni diverse a seconda della zona. In un piano delle zone, un Comune può delimitare concretamente le zone in cui intende ammettere o vietare un determinato impiego della luce;
- a complemento degli strumenti di pianificazione del territorio che disciplinano l'utilizzo e lo sviluppo di base di una regione o di un Comune, negli ultimi anni, in alcuni luoghi sono stati sviluppati anche *piani o strategie di illuminazione specifici*, denominati ad esempio «*Piano di illuminazione*».

I primi piani di illuminazione di questo tipo sono stati concepiti in primo luogo come strumenti di configurazione strategica per valorizzare e presentare bene lo spazio pubblico e il paesaggio urbano durante la notte. In Europa, pioniera in quest'ambito è la città francese di Lione, che ha redatto il suo primo piano d'illuminazione nel 1989. Le questioni ecologiche o di efficienza energetica sono confluite in questi piani solo nel corso del tempo, ad esempio per Lione solo con la seconda versione del 2004 (Daouk 2015).

Una riduzione delle emissioni luminose non serve soltanto alla protezione dell'ambiente, ma anche alla qualità notturna degli abitati. Durante l'elaborazione dei relativi piani di illuminazione (ad es. nei piani d'illuminazione delle città di Lucerna e Zurigo) si è infatti scoperto che i centri cittadini erano già talmente luminosi da rendere impossibile la valorizzazione di edifici o di oggetti particolari, motivo per cui risultava sensata anche dal punto di vista della progettazione la riduzione del livello d'illuminazione nel suo insieme (Città di Lucerna 2006, Hönig 2004). Un approccio sempre più consapevole alla luminosità e all'oscurità ha portato a delimitare, a complemento del piano d'illuminazione («Plan Lumière») in parte anche in un piano delle zone d'ombra («Plan des ombres»), delle zone in cui si deve rinunciare all'impiego della luce, come avvenuto ad esempio nella città di Losanna (Henninger 2015).

Oltre alle grandi città come Basilea, Ginevra, Losanna, Lucerna, Winterthur o Zurigo, nel frattempo anche le città e i Comuni più piccoli (come Carouge, Thalwil, il centro di Svitto, Rheinfelden o Zofingen) hanno sviluppato o stanno sviluppando un piano d'illuminazione.

Tale piano d'illuminazione serve:

- alla pianificazione strategica generale della luce (e del buio) in un'area di maggiori dimensioni e per un periodo prolungato;
- quale strumento di coordinamento per i diversi enti e attori coinvolti.

## **A4.2 Piani d'illuminazione**

### **A4.2.1 Raccomandazione per l'elaborazione di un piano d'illuminazione**

Un'analisi consapevole dell'illuminazione e del buio in una regione o in un Comune comporta idealmente una gestione parsimoniosa della luce e dell'energia e una riduzione delle emissioni luminose.

- Se in una regione o in un Comune sono previsti importanti rinnovi dell'illuminazione (come la sostituzione dell'illuminazione stradale), si consiglia di sviluppare, quale strumento strategico, un piano d'illuminazione generale, una pianificazione o una strategia d'illuminazione.
- La portata di un simile piano può variare a seconda delle dimensioni della regione per la quale è previsto. Come minimo dovrebbero essere presenti principi generali per l'illuminazione.

### **A4.2.2 Indicazioni per l'elaborazione di un piano d'illuminazione su vasta scala**

La pianificazione dell'illuminazione nell'ambito della pianificazione urbana o regionale è una disciplina urbanistica relativamente recente. Non si è pertanto ancora affermato uno strumentario che permetta di sviluppare, decidere e attuare i piani d'illuminazione, nonché garantire giuridicamente il rispetto delle loro prescrizioni. Nella pratica, l'elaborazione e l'attuazione di relativi piani d'illuminazione avvengono spesso in tre fasi: punto della situazione, progettazione e attuazione. In questo contesto sono discusse ad esempio le questioni seguenti (cfr. ad es. Schmidt 2007, Città di Zurigo 2004, Città di Lucerna 2006, Aeberhard 2015, Herfort 2015, Comune di Thalwil 2015):

#### **A) Punto della situazione**

- Distinzione delle varie zone e della loro funzione all'interno del perimetro del progetto (ad es. nucleo, zone residenziali, zone artigianali e industriali, spazi verdi, scuole, impianti sportivi e per il tempo libero, residenze per anziani ecc.).
- Assi di traffico, strade, percorsi, piazze esistenti.
- Ambienti naturali e riserve di specie animali fotosensibili presenti (ad es. parchi, zone ripariali, margini dei boschi, quartieri diurni dei pipistrelli, zone di cova e di nidificazione di uccelli all'interno di mura e torri cittadine ecc.).
- Illuminazioni pubbliche e private esistenti (compresi i tipi di lampade, il consumo di energia, in parte misurazioni delle intensità luminose e delle luminanze presenti su strade, piazze e facciate degli edifici).
- Analisi dell'utilizzo notturno delle aree urbane individuate da parte dei residenti.
- Valutazione dell'illuminazione esistente:
  - Dove l'illuminazione è già impiegata in modo opportuno?
  - Dove l'illuminazione presenta delle carenze (ad es. spazi paurosi che vengono evitati)?
  - Dove è presente troppa luce?
  - Dove è presente luce diffusa nel cielo notturno, nell'ambiente naturale o nelle abitazioni adiacenti?
  - Dove specie animali fotosensibili subiscono un pregiudizio?

#### **B) Progettazione**

- Definizione di obiettivi e linee guida fondamentali (ad es. per il miglioramento delle possibilità di orientamento e per la sicurezza, per il risparmio energetico e di costi, per la riduzione delle emissioni luminose, per il coinvolgimento della popolazione ecc.).
- Definizione di obiettivi riferiti al territorio  
Come deve essere strutturato un paesaggio (urbano) notturno? Quali spazi devono essere utilizzati o protetti la notte e in che modo? Come devono apparire le vie di collegamento? La delimitazione

di differenti zone del territorio, nelle quali l'illuminazione e l'oscurità devono essere applicate in modo diverso, può essere raffigurata anche in un piano (cfr. fig. 17).

- Sviluppo di piani d'illuminazione per l'intero perimetro e per singoli settori parziali. La pianificazione dell'illuminazione distingue tra i seguenti compiti assegnati alla luce (cfr. ad es. Schmidt 2007, Ulmann 2015):
  - luce per vedere: illuminazione funzionale (ad es. illuminazione pubblica di strade e piazze);
  - luce per guardare: illuminazione accentuata (ad es. illuminazione di edifici speciali): serve a rendere percettibile uno spazio notturno, mettendo in evidenza determinate zone oppure oggetti e in ombra altri. La luce deve in tal caso guidare la percezione, ma non manifestarsi di per sé, essa deve dare l'impressione che gli elementi risplendano di luce propria (Schmidt 2007, pag. 28);
  - luce per osservare, esporre: l'illuminazione diventa un supporto informativo (ad es. pubblicità luminosa).
- Pianificazione dei costi di costruzione e di esercizio per l'attuazione.

### **C) Attuazione**

- Strumenti giuridici:  
sono necessari adeguamenti negli atti normativi (ad es. regolamento edilizio e piano delle zone, legge sulla pianificazione del territorio ed edilizia, regolamento sulla pubblicità ecc.)?
- Collaborazione:
  - autorità tra loro:  
verifica dello svolgimento della procedura in caso di autorizzazioni (garantire il coinvolgimento di tutti i servizi specializzati rilevanti ed eventualmente ottimizzare le relative procedure).
  - Partenariato pubblico-privato:  
l'obiettivo dei progetti di partenariato pubblico-privato è di coinvolgere nel piano generale d'illuminazione gli attori privati che illuminano i loro immobili (ad es. alberghi, ristoranti ecc.). Si tratta di creare sinergie tra l'ente pubblico e gli attori privati e di negoziare il finanziamento. I privati beneficiano di una pianificazione e di un'esecuzione a regola d'arte e l'ente pubblico ha la garanzia che nello specifico progetto sono attuati i principi del piano generale.
- Piano di realizzazione / suddivisione in tappe:  
un piano d'illuminazione è costituito da diversi progetti che di regola vengono realizzati su un periodo prolungato (più anni). Di conseguenza, è necessario un piano di realizzazione in fasi.
- Controlling:
  - verifica del rispetto delle prescrizioni del piano nell'ambito della realizzazione di singoli progetti;
  - verifica periodica delle prescrizioni di base del piano d'illuminazione:  
ritenuto che l'attuazione di un siffatto piano strategico d'illuminazione si protrae su un periodo di tempo prolungato, durante il quale può verificarsi un ulteriore sviluppo dell'illuminotecnica, delle norme o delle regolamentazioni, di tanto in tanto è necessario verificare ed eventualmente adeguare le prescrizioni di base.

### Esempio pratico: definizione di obiettivi riferiti al territorio nel piano d'illuminazione del Comune di Thalwil



Figura 17: Esempio di una rappresentazione grafica del tipo di illuminazione prevista in quali zone del Comune (fonte: Comune di Thalwil 2015).

#### A4.2.3 Coinvolgimento dei servizi interessati e della popolazione

Le varie parti hanno esigenze diverse per quanto riguarda l'utilizzo degli spazi e l'illuminazione o il buio. Quando si elabora un piano generale d'illuminazione si devono pertanto coinvolgere i relativi servizi amministrativi specializzati e i gruppi di attori, in modo da ponderare le diverse esigenze ed eventualmente trovare dei compromessi. Nel caso di un piano sviluppato in modo partecipativo, si deve partire dal presupposto che in seguito anche l'attuazione sarà condivisa da tutti gli attori coinvolti.

Servizi e attori fondamentali da coinvolgere sono ad esempio:

- responsabili politici (ad es. consiglio comunale, municipio);

- autorità edilizia (ad es. divisione delle opere e delle costruzioni, ufficio della pianificazione, l'ufficio tecnico ecc.);
- responsabili delle finanze;
- gestori dell'illuminazione pubblica (Cantone, Comune, in parte azienda elettrica, terzi);
- esperti nel campo dell'illuminazione, progettisti illuminotecnici;
- responsabili della sicurezza pubblica (ad es. polizia, ufficio della pianificazione urbana ecc.);
- autorità di protezione dell'ambiente e della natura;
- altri attori come gli addetti alla conservazione dei monumenti storici, gli operatori turistici, l'amministrazione scolastica, le autorità sportive, le organizzazioni ambientaliste ecc.;
- popolazione.

Le persone hanno esigenze di sicurezza e pretese in materia di illuminazione diverse a seconda dell'età, del sesso o delle condizioni di vita (cfr. anche all. A4.2.5). Per rispondere a queste diverse esigenze e per creare consenso in merito a una prevista modifica dell'illuminazione, si raccomanda di coinvolgere la popolazione nell'elaborazione del piano d'illuminazione, ad esempio tramite:

- eventi informativi:  
l'offerta pubblica di informazioni ed esempi illustrativi può essere utile per lo scambio di opinioni e la sensibilizzazione della popolazione (cfr. esempio pratico «Fête de la Nuit» nell'all. A5.1.4).
- Sondaggi:  
i sondaggi possono riguardare sia lo stato attuale e i requisiti richiesti per un'illuminazione futura, sia l'esperienza vissuta nell'ambito dell'esercizio di prova di un'illuminazione modificata. I sondaggi anonimi sono importanti anche se si devono affrontare timori legati alla sicurezza dovuti alla modifica del piano d'illuminazione (ad es. in caso di spegnimento o di riduzione dell'illuminazione durante la notte), in quanto tali timori non sono di regola espressi nell'ambito di eventi pubblici.
- «Passeggiate a tema luce»:  
nell'ambito di «passeggiate notturne a tema luce» con gruppi di cittadini, questi ultimi possono segnalare direttamente sul posto gli spazi che ritengono troppo scuri e poco sicuri oppure si possono creare nell'ambiente reale e discutere modelli di diverse varianti di una nuova illuminazione.

#### A4.2.4 Domande relative alla limitazione delle emissioni

Le domande e le indicazioni che seguono possono aiutare a limitare anche le emissioni indesiderate nell'ambito dello sviluppo di piani generali d'illuminazione.



##### [1] Necessità

- Dove, in quali zone è necessaria la luce e in quali invece non deve essere impiegata?
- In quale maniera la regione / il Comune intende gestire l'illuminazione pubblica? Ad esempio:
  - illuminazione funzionale (luce per vedere): dove è necessaria l'illuminazione di strade e piazze e dove non lo è?
  - Illuminazione accentuata (luce per guardare): determinati edifici devono essere illuminati o l'illuminazione esistente deve essere smantellata o ottimizzata?
- In quale maniera la regione / il Comune intende gestire l'illuminazione privata? Ad esempio:
  - illuminazione commerciale (luce per osservare): sono necessarie prescrizioni (più severe) per la pubblicità luminosa?
  - Illuminazione privata come illuminazione delle vetrine, illuminazione proveniente da abitazioni private, illuminazione natalizia ecc.: si devono avviare progetti di partenariato pubblico-privato per coinvolgere i privati o una campagna di sensibilizzazione, oppure stabilire prescrizioni generali nel regolamento edilizio e nel piano delle zone?

**[2] Intensità / tonalità**

- Dove è necessaria (in quale momento) quale luminosità?
- Esistono prescrizioni normative che devono essere rispettate?
- Una determinata illuminazione è adatta all'ambiente circostante?

**[3] Spettro luminoso / colore della luce**

- Nei piani d'illuminazione su vasta scala si stabilisce in parte anche in quali zone si deve applicare quale colore della luce (temperatura di colore). In questo contesto possono verificarsi conflitti di obiettivi tra diverse esigenze come aspetti progettuali (atmosfera accogliente), considerazioni legati alla sicurezza, efficienza energetica e minor impatto negativo possibile sull'ambiente e sull'uomo (cfr. cap. 3.3.3).

**[4] Scelta e posizionamento degli apparecchi**

- Talvolta, nei piani generali d'illuminazione vengono definiti anche requisiti concreti per la configurazione illuminotecnica e la sua collocazione o viene addirittura prescritto l'impiego di determinate tecnologie (ad es. illuminazione di facciate solo mediante proiezione o illuminazione focalizzata, cfr. all. A5.7).
- Per poter emanare tali prescrizioni, occorre conoscere le soluzioni tecniche attuali: quali possibilità tecniche esistono per soddisfare le esigenze di illuminazione specifiche nella relativa situazione e limitare al contempo le emissioni superflue?

**[6] Gestione del tempo / impostazione**

- Quando è necessaria la luce? È possibile ridurre o spegnere completamente determinate illuminazioni a partire da un certo orario?
- Quali possibilità (tecniche oppure operative) di regolazione del tempo esistono per le diverse fonti di illuminazione?

**Esempio pratico: prescrizioni di base per la riduzione delle emissioni luminose nel piano d'illuminazione della città di Losanna**

Nel piano d'illuminazione della città di Losanna si è cercato di ridurre le emissioni luminose applicando i seguenti principi (Henninger 2015):

- un piano delle zone d'ombra («Plan des ombres») definisce le zone in cui deve essere rispettata l'oscurità notturna.
- L'illuminazione nella zona urbana viene adattata alle diverse attività svolte a seconda dell'ora del giorno. In concreto si applicano le seguenti fasce orarie:
  - 17–21: fine della scuola e del lavoro;
  - 21–24: attività notturne come cena al ristorante e cinema ecc.;
  - 0–5: frequentazione di bar e discoteche, ma anche attività continuate presso ospedali e farmacie;
  - 5–8: percorsi pendolari verso la scuola e il lavoro.
- L'altezza delle lampade dal suolo (la cosiddetta altezza del punto luce) è stata ridotta, consentendo un orientamento più mirato della luce.
- Smantellamento delle lampade a sfera: 1310 lampade a sfera esistenti sono state sostituite da lampade schermate.

### Esempio pratico: prescrizioni ambientali di base per la protezione delle specie e degli spazi vitali ecologicamente sensibili nel piano d'illuminazione della città di Lucerna

Per limitare il più possibile le ripercussioni ecologiche dell'illuminazione, il piano d'illuminazione della città di Lucerna stabilisce le seguenti prescrizioni di base:

- si deve impiegare la luce con moderazione, in maniera commisurata agli interessi ecologici, in particolare per quanto riguarda l'intensità luminosa e la gestione del tempo d'illuminazione;
- è generalmente vietato illuminare zone ecologicamente sensibili, come i margini dei boschi, le zone ripariali di acque prossime allo stato naturale, i luoghi di nidificazione;
- se non è possibile ottemperare a tale divieto per motivi di sicurezza, si deve scegliere l'illuminazione ecologicamente più compatibile;
- è vietato aumentare l'attrazione degli insetti per mezzo di dispositivi d'illuminazione senza schermatura o con schermatura insufficiente. Per evitare che gli insetti entrino nelle lampade, si devono impiegare lampade chiuse;
- è vietato illuminare artificialmente il cielo notturno (emissioni luminose) mediante un'illuminazione diffusa eccessiva. È vietato l'impiego di skybeamer o di luci proiettate verso l'alto non sufficientemente orientate (Città di Lucerna 2010a, pag. 3).

#### A4.2.5 Integrazione di aspetti rilevanti per la sicurezza nei piani generali d'illuminazione

Per quanto riguarda *la sicurezza*, in linea di massima si deve distinguere tra la *sicurezza oggettiva* (reati come rapine, scippi, lesioni corporali o effrazioni) e la *sensazione soggettiva di sicurezza* (cfr. all. A2.2) che può variare notevolmente a seconda del gruppo di popolazione. Al fine di evitare emissioni luminose superflue nell'ambito della progettazione dell'illuminazione e tenere al contempo sufficientemente conto dell'aspetto della sicurezza, possono essere utili le seguenti indicazioni:

- *controllo sociale:*  
la luce può svolgere la propria funzione di sicurezza solo quando è possibile un controllo sociale. Se tale controllo non è possibile, l'illuminazione non migliora la sicurezza di uno spazio.
- *Utilizzare correttamente la luce:*  
per aumentare la sicurezza non occorre più luce, ma la luce giusta. Una cattiva illuminazione può essere più pericolosa dell'assenza di illuminazione.
- *Illuminare il più possibile uniformemente, evitando contrasti di luce bruschi:*  
un'illuminazione uniforme facilita la riconoscibilità e l'orientamento, evitando abbagliamenti e zone buie. Forti contrasti di luce provocano abbagliamenti e un «effetto palcoscenico». In tal modo, ad esempio, i potenziali autori possono osservare altre persone senza essere visti o fuggire senza essere riconosciuti dopo aver commesso dei reati, servendosi di viuzze laterali.
- *Includere l'illuminazione presente:*  
nella pianificazione dell'illuminazione occorre verificare anche l'illuminazione presente nell'ambiente per evitare contrasti eccessivi. Eventualmente occorre ridurre le illuminazioni esistenti.
- *Coordinare le modifiche temporali dell'illuminazione:*  
anche in caso di modifiche temporali dell'illuminazione (ad es. abbassamento, spegnimento), si raccomanda di tenere conto dell'ambiente circostante, in modo che le modifiche avvengano in maniera uniforme dal punto di vista temporale e spaziale.
- *Creare possibilità di orientamento:*  
buone possibilità di orientamento hanno un effetto positivo sulla sensazione di sicurezza. Oltre alla corretta illuminazione, anche una buona organizzazione dello spazio (assi visivi, tracciato, punti di destinazione ecc.) contribuisce a migliorare l'orientamento.
- *Considerare le diverse esigenze di sicurezza:*  
gruppi di popolazione differenti hanno una sensazione di sicurezza molto diversa. Occorre pertanto considerare quali sono i gruppi che utilizzano principalmente uno spazio e quali sono le loro

esigenze in termini di sicurezza. Indicazioni sulle modalità per coinvolgere la popolazione sono disponibili nell'allegato A4.2.2.

- *Atmosfera gradevole con una luce bianca calda:*  
la luce bianca calda è percepita da molte persone come più gradevole rispetto alla luce bianca neutra o fredda. Laddove ci si sente bene, ci si sente anche più sicuri.
- *Illuminazione diversa per funzioni differenti degli spazi:*  
all'interno di uno spazio possono convivere sottospazi con funzioni diverse (ad es. percorsi principali e laterali in un parco), che possono essere messe in evidenza mediante un'illuminazione diversa (intensità, colore della luce) o rinunciando all'illuminazione.
- *Impiego particolare della luce nei potenziali punti di pericolo:*  
per rendere visibili i potenziali punti di pericolo e di conflitto, è possibile scegliere in modo puntuale un'illuminazione diversa da quella impiegata nel resto dello spazio (ad es. utilizzare luce bianca neutra in maniera mirata in uno spazio in cui viene altrimenti impiegata luce bianca calda) o installare un'illuminazione supplementare puntuale (cfr. fig. 18).

#### **A4.2.6 Inclusionione delle esigenze degli anziani in materia di illuminazione**

Nel corso della vita la capacità visiva degli occhi diminuisce e il rischio di abbagliamento aumenta, in quanto aumentano le opacità delle diverse parti dell'occhio come la cornea, il cristallino e il corpo vitreo. Le persone anziane hanno pertanto esigenze diverse in materia d'illuminazione per potersi spostare in sicurezza (Age Stiftung 2006):

- gli anziani necessitano di più luce rispetto alle persone più giovani per raggiungere la stessa capacità visiva e al contempo i loro occhi sono più sensibili agli abbagliamenti. All'interno, dunque, un'illuminazione indiretta (meno abbagliamento) costituisce un vantaggio, mentre all'esterno i contrasti di colore delle superfici (ad es. in caso di gradini, attraversamenti pedonali ecc.) possono contribuire a migliorare le possibilità di orientamento per gli anziani (cfr. fig. 18);
- nella visione crepuscolare e notturna la sensibilità dell'occhio umano è spostata verso la fascia dello spettro verde-blu, motivo per cui la luce con un'elevata componente di blu, a parità d'intensità, appare più luminosa per l'uomo rispetto alla luce con poco blu nello spettro. Con l'aumentare dell'età aumenta l'opacità gialla del cristallino. Il cristallino disperde maggiormente le componenti luminose a corto raggio, filtrando la componente blu della luce. Dato che la luce bianca neutra e quella bianca fredda presentano di regola una percentuale di blu superiore rispetto alla luce bianca calda, tali luci risultano vantaggiose per gli anziani o gli ipovedenti poiché determinate componenti di blu raggiungono ancora la retina nonostante un maggiore filtraggio del cristallino. Tuttavia, in caso di illuminazione all'aperto, l'uso di luce bianca neutra o fredda può causare conflitti di obiettivi con la protezione della natura o della popolazione più giovane, in quanto la luce con una percentuale minima di blu ha effetti potenzialmente meno negativi e sovente è percepita come più gradevole;
- spesso, rispetto alle persone giovani, gli anziani vedono le fonti di luce da una prospettiva diversa (sedia a rotelle, postura incurvata) e pertanto possono percepire come fastidiose anche quelle luci che ai giovani non creano alcun problema (ad es. abbagliamento guardando dal basso in una fonte di luce);
- per gli anziani la luce ha spesso anche una funzione di orientamento e guida, che può essere sostenuta illuminando in modo differenziato i vari tipi di spazio.



*Figura 18: Nel Quartier du Rôtillon a Losanna, le scale sono dotate di un'illuminazione supplementare a LED collocata nel corrimano. I singoli gradini sono inoltre muniti di strisce bianche antiscivolo che aumentano il contrasto (fonte: Città di Losanna)<sup>15</sup>.*

<sup>15</sup> <https://www.lausanne.ch/ressources/diapos/urbanisme/eclairage-public/rotillon/index.html>, Foto: Elisabeth Fransdonk - EMO-PHOTO

## A5 Misure specifiche per situazioni e impianti d'illuminazione diversi

### A5.1 Infrastruttura stradale (illuminazione stradale)

#### A5.1.1 In generale

Con il crescente grado di motorizzazione degli utenti della strada, l'illuminazione delle strade, inizialmente introdotta per migliorare l'ordine pubblico e la sicurezza sociale, è diventata un aspetto centrale della sicurezza stradale (cfr. all. A2.3.2).

Tuttavia, a causa della lunghezza e continuità della struttura d'illuminazione, nonché della distanza spesso ridotta dalle case vicine, l'illuminazione stradale può anche rappresentare la fonte principale delle emissioni luminose per gli ambienti naturali adiacenti e per i residenti. Calcoli e misurazioni hanno infatti dimostrato che lampade situate molto vicino alle facciate (a 1 m o meno) raggiungono illuminamenti verticali molto elevati sulle facciate (in parte di molto superiori a 100 lux). Se la distanza tra la lampada più vicina e la facciata è maggiore, anche l'intensità delle immissioni è notevolmente minore e può essere nettamente inferiore a 1 lux (SLG 2016, Rechsteiner & Anderle 2015).

Nel 2018, nell'ordinanza sull'efficienza energetica (*OEEne, RS 730.02*) sono state stabilite nuove prescrizioni in materia di efficienza per i dispositivi d'illuminazione<sup>16</sup>. Di conseguenza, dispositivi d'illuminazione inefficienti, come le lampade a vapore di mercurio, non possono più essere venduti e al loro posto si devono utilizzare tecnologie più efficienti, come in particolare i LED. In molte località, l'illuminazione pubblica viene pertanto convertita a sistemi più efficienti dal punto di vista energetico. Attualmente, la quota di LED nell'ambito del rinnovo di impianti esistenti si aggira intorno all'85 per cento, mentre per quanto attiene alla costruzione di nuove illuminazioni stradali viene addirittura utilizzata quasi esclusivamente la tecnologia LED (SvizzeraEnergia 2016).

Oltre alla loro buona efficienza energetica di base, le lampade LED presentano un notevole potenziale di risparmio poiché possono essere attivate senza ritardi e attenuate gradualmente. In combinazione con sistemi di comando intelligenti, è dunque possibile gestire in funzione delle esigenze anche illuminazioni pubbliche ad alta intensità luminosa, risparmiando in tal modo più dell'80 per cento di energia elettrica rispetto agli impianti esistenti con lampade a vapore di sodio (cfr. all. A2.5).

Le conversioni dell'illuminazione stradale per aumentare l'efficienza energetica offrono sempre anche l'opportunità di ridurre le emissioni luminose nell'ambiente circostante. Infatti, con le lampade LED è possibile orientare la luce in modo più mirato e regolare la loro intensità in modo più preciso rispetto alle tecnologie in uso sinora (cfr. all. A2.4).

Una strada è di competenza della Confederazione (rete delle strade nazionali), di un Cantone (strade cantonali) o di un Comune. La decisione di illuminare una determinata strada è presa di conseguenza dall'autorità nazionale, cantonale o comunale competente (ad es. la divisione opere e costruzioni stradali del Cantone o cittadina oppure l'ufficio tecnico comunale).

#### [1]<sup>17</sup> Necessità dell'illuminazione

*Illuminare solo laddove è necessario avere luce.* Ciò può essere definito nell'ambito della procedura di pianificazione, coinvolgendo i servizi specializzati e i gruppi d'interesse rilevanti (cfr. all. A5.1.3):

- Dove serve l'illuminazione?
- Dove si può rinunciare all'illuminazione?
- Verificare lo smantellamento di impianti esistenti.

Per stabilire su quali tratte e in quale momento è necessaria un'illuminazione stradale non esistono direttive di validità generale; si tratta di un tema individuale, locale, politico e riferito alla situazione specifica. Ciò dipende molto dalla situazione concreta, dall'ambiente circostante e dalla complessa

<sup>16</sup> L'OEEne stabilisce esigenze per l'efficienza energetica di lampade fluorescenti, lampade a scarica ad alta intensità, regolatori di corrente e lampade (all. 1.11 e 2.11), nonché di lampade elettriche direzionali con raccordo alla rete, lampade LED e relativi apparecchi (all. 2.15).

<sup>17</sup> Questa numerazione si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



interazione di influssi mutevoli (come la composizione del traffico o la luce ambientale). In questo contesto occorre anche effettuare una distinzione considerando se un tratto stradale si trova in un'area edificata, all'interno o all'esterno delle località.

In linea di massima, un'illuminazione stradale deve aumentare la sicurezza della circolazione migliorando le condizioni di visibilità per tutti gli utenti della strada e la guida ottica nel relativo tratto di strada. L'illuminazione si concentra sulle strade su cui il traffico motorizzato e quello lento si incontrano spesso, ossia all'interno delle località. Con l'illuminazione s'intende aumentare la probabilità che i conducenti siano in grado di riconoscere tempestivamente ostacoli e persone. All'interno delle località possono aggiungersi altri criteri, come l'intenzione di rafforzare il senso soggettivo di sicurezza dei passanti e dei residenti, di migliorare la percezione dello spazio stradale o di aumentare l'attrattiva delle aree urbane (SLG 2018).

Dove è necessaria un'illuminazione e dove non lo è deve quindi essere deciso in base alla situazione, ad esempio nell'ambito di una procedura di pianificazione, coinvolgendo i servizi specializzati e i gruppi d'interesse rilevanti (cfr. all. A5.1.3).

### Esempio pratico in merito al punto [1]: criteri per la valutazione della necessità di illuminare la strada

La direttiva sull'illuminazione redatta dall'autorità addetta alle costruzioni stradali del Cantone di Berna (2015a) offre, ad esempio, una guida collaudata sul campo per decidere in base ai fatti dove si dovrebbe e dove non si dovrebbe illuminare. Secondo questa direttiva, la decisione di illuminare o meno dipende dai seguenti parametri:

- *difficoltà di guida:*  
più l'impianto stradale è complesso e quindi elevato lo sforzo che un utente deve compiere per percepire gli altri utenti della strada e gestire la circolazione senza incidenti, più è necessaria la presenza di un'illuminazione stradale.
- *Volume di traffico durante i periodi di illuminazione:*  
la sicurezza deve essere garantita anche in presenza di un flusso elevato di traffico.
- *Sono presenti zone di conflitto?*  
sono considerate zone di conflitto le superfici sulle quali si incrociano i flussi di traffico motorizzati o che sono utilizzate anche da altri utenti della strada (come intersezioni, incroci o rotonde). Occorre prestare particolare attenzione alle zone di conflitto con ciclisti e pedoni.
- *Complessità del campo visivo / della visione:*  
se nel campo visivo dell'utente della strada sono presenti elementi visivi che potrebbero interferire, come automobili parcheggiate, la visione è resa più difficile. Più la visione è complessa, maggiore è la necessità di un'illuminazione.
- *Livello di luminosità dell'ambiente:*  
maggiori sono gli influssi luminosi molesti presenti sulla strada (ad es. illuminazione delle vetrine, pubblicità luminosa ecc.), maggiore è la necessità di un'illuminazione. In caso di diminuzione della luminosità dell'ambiente (ad es. a seguito dello spegnimento delle vetrine), l'illuminazione può essere ridotta (cfr. [2] nell'all. A5.1.4).
- *Ulteriori fattori d'influenza:*  
l'ubicazione del tratto stradale, ad esempio, in prossimità di scuole o l'esistenza di requisiti di sicurezza più elevati per altri motivi può giustificare la scelta di illuminare il relativo tratto negli orari principali di utilizzo.

Per la valutazione e la ponderazione di questi parametri, la direttiva sull'illuminazione contiene due tabelle che servono a decidere nel caso concreto se occorre o meno un'illuminazione o se sono necessari ulteriori accertamenti da parte di uno specialista.

La direttiva raccomanda inoltre di confrontare il progetto previsto con eventuali impianti già realizzati in situazioni analoghe, al fine di valutare meglio l'impatto effettivo della presenza o dell'assenza di

illuminazione sulla sicurezza stradale. Nell'allegato della direttiva sono inoltre documentati esempi pratici concreti, in particolare anche per il ridimensionamento dell'illuminazione.

### Esempio pratico in merito al punto [1]: nessuna illuminazione sulle strade cantonali fuori dalle località

Come in altri Cantoni, anche nel Cantone di Zurigo l'illuminazione stradale viene impiegata soltanto laddove i pedoni e il traffico motorizzato entrano spesso in contatto, in particolare dunque nell'area urbana edificata (Baudirektion del Cantone di Zurigo 2005). Fatta eccezione per i tratti stradali con uso particolare, come i percorsi casa-scuola tra località o le rotonde, che presentano un rischio elevato di incidenti, in linea di massima, sulle carreggiate fuori dalle località si rinuncia all'illuminazione (BPR 2016).

#### A5.1.2 Norme per l'illuminazione stradale

Se l'autorità competente ha deciso di illuminare una strada, per l'allestimento dell'illuminazione in Svizzera è consuetudine attenersi al pacchetto di norme SN EN 13201 «Illuminazione stradale», che è stato rivisto e ampliato nel 2016 ed è composto da cinque parti:

- *SNR 13201-1: Illuminazione stradale – Parte 1: Guida per la scelta delle classi d'illuminazione*  
Questa «regola svizzera» (SNR) contiene istruzioni sulle modalità di classificazione di una strada in una determinata classe d'illuminazione sulla base di vari parametri (come velocità autorizzata, composizione o volume del traffico). Le prescrizioni relative all'illuminazione, diverse a seconda della classe d'illuminazione, sono disciplinate nella parte 2 e risultano dalle esigenze di visibilità dei rispettivi utenti della strada. Ritenuto che le esigenze di visibilità possono variare a seconda degli orari notturni e della stagione, anche le classi d'illuminazione da applicare possono differire in questi orari e periodi. La parte 1 contiene pertanto anche informazioni in merito all'illuminazione dinamica o all'abbassamento notturno conformemente alla norma.
- *SN EN 13201-2: Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali*  
Le diverse classi di illuminazione devono soddisfare esigenze di visibilità differenti. La parte 2 della norma stabilisce i requisiti fotometrici, quali la luminanza, l'intensità luminosa o l'uniformità dell'illuminazione, che devono essere rispettati su una carreggiata della relativa classe. Nell'allegato A4, questa parte contiene anche indicazioni qualitative sulle modalità di riduzione della luce molesta che colpisce residenti e zone limitrofe.
- *SN EN 13201-3: Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni*  
La parte 3 definisce le modalità di calcolo dei requisiti prestazionali definiti nella parte 2 e riporta anche prescrizioni sulla distribuzione dei punti di calcolo e di misurazione (griglia di calcolo e di misurazione).
- *SN EN 13201-4: Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche*  
La parte 4 stabilisce le condizioni di misurazione e il metodo di misurazione dei requisiti prestazionali fotometrici prescritti nella parte 2. Le misurazioni possono servire, tra l'altro, a verificare se un impianto di illuminazione stradale realizzato soddisfa i requisiti della norma relativa all'illuminazione.
- *SN EN 13201-5: Illuminazione stradale – Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche*  
La parte 5 definisce gli indicatori per valutare l'efficienza energetica degli impianti d'illuminazione stradale.

Il gruppo di esperti in materia d'illuminazione pubblica di strade e piazze (Fachgruppe «Öffentliche Beleuchtungen – Strassen und Plätze») dell'Associazione svizzera per la luce (SLG) tratta le questioni relative all'applicazione pratica di questo pacchetto di norme. La SLG ha anche pubblicato delle integrazioni alla norma sull'illuminazione stradale in una direttiva.

- *SLG 202: Strassenbeleuchtung – Ergänzungen zu SNR 13201-1 und SN EN 13201-2 bis -5:*  
questa direttiva contiene, da un lato, spiegazioni relative al pacchetto di norme SN EN 13201 e descrive, ad esempio, il modo in cui sono definite le classi d'illuminazione o si può giustificare una riduzione dell'illuminazione nelle ore notturne meno trafficate; dall'altro, include anche integrazioni

in merito, ad esempio, allo spegnimento notturno dell'illuminazione o alle modalità di illuminazione di passaggi pedonali e rotonde.

### **Illuminazione di passaggi pedonali**

La norma SN 640 241 «Attraversamenti per pedoni e biciclette – Passaggi pedonali» dell'Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS) esige che, di notte, i passaggi pedonali e le loro zone di avvicinamento siano illuminati in modo da consentire di riconoscere le persone che attraversano. Per le esatte modalità di allestimento dell'illuminazione a tal fine, la norma rinvia alla direttiva SLG 202, che al capitolo 2.3 riporta indicazioni relative all'illuminazione di passaggi pedonali. Tale direttiva prevede il medesimo trattamento dal profilo illuminotecnico per i passaggi pedonali demarcati e per quelli privi di demarcazione (ad es. con isola centrale ma senza strisce).

Secondo la stessa, per le strade ben illuminate (luminanza della carreggiata di 1,5 cd/m<sup>2</sup> o illuminamento orizzontale di 20 lux) non è di regola necessaria alcuna illuminazione supplementare del passaggio pedonale per ottenere la necessaria visibilità delle persone sul margine della strada o sulle strisce pedonali. Per contro, in presenza di un'illuminazione meno intensa (classi d'illuminazione inferiori), è necessaria un'illuminazione supplementare, volta a garantire una certa luminosità sulla carreggiata (luminanza o illuminamento orizzontale) e inoltre un illuminamento di almeno 5 lux anche su una superficie verticale di riferimento. Lo scopo di queste prescrizioni è illuminare le persone che si trovano al margine della strada o sul passaggio pedonale affinché, grazie al contrasto con lo sfondo, siano sufficientemente visibili ai conducenti di autoveicoli in avvicinamento.

### **A5.1.3 Raccomandazioni per il processo di pianificazione dell'illuminazione stradale**

Una strada è di competenza della Confederazione (rete delle strade nazionali), di un Cantone (strade cantonali) o di un Comune. In molti casi, tuttavia, gli impianti d'illuminazione non sono progettati e gestiti dai proprietari stessi, bensì dai gestori di rete regionali o locali (aziende elettriche) o da terzi.

Ne consegue che le conoscenze tecniche sono spesso ripartite in modo diverso. Non è raro che gruppi d'interesse differenti perseguano interessi diversi e in parte anche contrapposti. Per poter tener conto di interessi diversi nell'ambito della costruzione o del risanamento di illuminazioni stradali, è necessario pianificare e coordinare i lavori in modo interdisciplinare e tempestivo. Le seguenti raccomandazioni in merito al processo di pianificazione possono contribuire a limitare il più possibile emissioni luminose indesiderate.

#### **[A] Piano generale d'illuminazione / principi generali d'illuminazione**

La costruzione e la sostituzione dell'illuminazione stradale non dovrebbero avvenire in modo isolato, bensì essere integrate in un piano d'illuminazione generale o su vasta scala. In questo modo è possibile evitare sviluppi errati e gli investimenti sbagliati che ne derivano. La portata di un simile piano può variare a seconda delle dimensioni della regione per la quale è previsto. Come minimo dovrebbero essere presenti principi generali per l'illuminazione.

#### **[B] Coinvolgimento dei servizi specializzati e dei gruppi d'interesse rilevanti**

Per potere tenere conto di differenti interessi ed esigenze d'illuminazione (come la sicurezza, la configurazione, l'efficienza energetica, la prevenzione di emissioni luminose superflue ecc.) e poter eventualmente trovare dei compromessi, i servizi specializzati e i gruppi d'interesse rilevanti devono essere coinvolti già nel processo di pianificazione. Può trattarsi degli enti seguenti:

- responsabili politici (ad es. consiglio comunale, municipio);
- autorità edilizia (ad es. divisione delle opere e delle costruzioni, ufficio della pianificazione, ufficio tecnico, enti addetti alla conservazione dei monumenti storici ecc.);
- responsabili delle finanze;
- gestori dell'illuminazione pubblica (Cantone, Comune, in parte azienda elettrica, terzi);
- esperti nel campo dell'illuminazione, progettisti illuminotecnici;

- responsabili della sicurezza pubblica (ad es. polizia, ufficio della pianificazione urbana, addetti alla sicurezza ecc.);
- autorità di protezione dell'ambiente e della natura;
- popolazione;
- altri attori come l'amministrazione scolastica, le organizzazioni per la protezione dell'ambiente e della natura, addetti al turismo ecc.

### [C] Calcolo dell'illuminazione / piano d'illuminazione per l'illuminazione stradale

È consigliabile coinvolgere uno specialista e far allestire i relativi calcoli illuminotecnici sia per il risanamento (sostituzione del tipo di lampade) sia per la realizzazione di nuove illuminazioni stradali. In tal modo è possibile scegliere le lampade più adatte al caso concreto, nonché la loro collocazione e il loro orientamento ottimali (cfr. all. A5.1.4, punto [5]).

#### Esempio pratico in merito al punto [A]: piano d'illuminazione del Comune di Thalwil

Nel 2015, il Comune zurighese di Thalwil ha elaborato un cosiddetto «Masterplan Licht», nel quale ha definito, per l'intero territorio comunale, in quali zone si dovevano svolgere quali attività e quali dovevano di conseguenza essere i livelli d'illuminazione presenti. Un simile piano generale può in seguito contribuire anche a dimensionare opportunamente o a tralasciare l'illuminazione stradale nelle rispettive zone (Comune di Thalwil 2015).

#### Esempio pratico in merito al punto [A]: riorientamento concettuale della strategia d'illuminazione sulle strade cantonali bernesi

Nel 2013 numerosi impianti d'illuminazione presenti sulle strade cantonali bernesi erano giunti al termine del loro ciclo di vita tecnico. Dato che la metà dei circa 27 000 lampioni stradali avrebbe dovuto essere sostituito negli anni successivi, questo è stato considerato il momento opportuno per rivedere completamente la strategia in materia d'illuminazione. L'obiettivo era, da un lato, contribuire alla transizione energetica e alla Strategia energetica 2050 della Confederazione (cfr. all. A2.5) e, dall'altro, evitare il sovradimensionamento dell'illuminazione stradale, come spesso accaduto in passato (cfr. all. A2.3.2). Per raggiungere questi obiettivi, in una prima fase si è deciso di riorientare la strategia in materia di illuminazione, che comprende i cinque seguenti orientamenti strategici (Tiefbauamt del Cantone di Berna 2015b, Breuer 2016):

- Illuminazione nel luogo giusto e solo lì.
- Illuminazione al momento giusto e solo in quel momento.
- Risanamento dei «divoratori di corrente» (sostituzione sistematica delle lampade a vapore di mercurio).
- Risparmio di watt: dimensionamento in base alla classe d'illuminazione minima consentita.
- Sfruttamento del potenziale della tecnologia LED: luce al bisogno.

### A5.1.4 Misure per limitare le emissioni causate dall'illuminazione stradale

Le seguenti misure possono contribuire a ridurre le emissioni causate dall'illuminazione stradale nell'ambiente circostante. La numerazione si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [2] Intensità / tonalità

*Illuminare solo quanto necessario.* Il pacchetto di norme SN EN 13201 prescrive il modo in cui un tratto stradale deve essere illuminato a seconda della classe d'illuminazione. Il motto deve essere: rispettare i valori normali, ma non superarli. Le lampade LED hanno i seguenti vantaggi a questo riguardo (cfr. anche gli all. A2.4 e A2.5):

- ritenuto che con i LED è possibile mantenere costante il flusso luminoso su un lungo periodo di tempo<sup>18</sup>, le illuminazioni stradali devono essere meno sovradimensionate rispetto a quanto avveniva con le precedenti tecnologie per garantire che la strada fosse ancora sufficientemente illuminata in base alla norma anche alla fine della durata di vita delle lampade.
- Nelle ore di scarso traffico, l'illuminazione di una strada può essere ridotta conformemente alla norma SN EN 13201. Ritenuto che le lampade LED possono essere attivate senza ritardi e attenuate gradualmente, il flusso luminoso può essere adattato con grande precisione alle esigenze della rispettiva classe di illuminazione, consentendo di evitare una sovrailluminazione (cfr. [2] supra).

Illuminando le strade solo nella misura necessaria senza sovrailluminarle, si contribuisce non solo a ridurre le emissioni luminose, ma anche a risparmiare energia.



### [3] Spettro luminoso / colore della luce

Scelta dello spettro luminoso in funzione dello scopo dell'illuminazione e commisurata al rispettivo ambiente circostante.

Le lampade LED a luce bianca calda sono leggermente meno efficienti dal punto di vista energetico rispetto alle lampade LED a luce bianca fredda o neutra<sup>19</sup>. In compenso, nel loro spettro luminoso è presente una percentuale minore di blu, che ha un effetto biologico particolarmente negativo. Infatti, molti animali notturni, in particolare molti insetti, sono attratti dalla luce con lunghezze d'onda brevi (luce UV e blu). Inoltre, molte persone percepiscono la luce bianca calda come più gradevole di quella neutra o bianca fredda (cfr. all. A2.4 e A1.1.5).

- Dal punto di vista della LPAmb e della LPN si dovrebbero pertanto impiegare il più possibile LED a luce bianca calda.
- La questione del risparmio energetico e della necessità di evitare le componenti blu della luce devono tuttavia essere ponderate caso per caso.
- Non si dovrebbero utilizzare LED a luce bianca fredda.
- La norma SN EN 13201 non contiene prescrizioni in merito al colore della luce o allo spettro luminoso.
- Per l'illuminazione dell'infrastruttura di trasporto, la norma SIA 491 (SN 586 491 cfr. all. A3.4.2) raccomanda per quanto possibile di evitare le componenti blu della luce, i raggi UV e quelli infrarossi nelle zone ecologicamente sensibili.

Nella pratica, per le lampade LED situate nei centri urbani, nelle zone pedonali, nelle strade di quartiere e residenziali si impiega per lo più la luce bianca calda con una temperatura di colore di 3000 K, mentre per l'illuminazione funzionale delle strade piuttosto una luce bianca neutra (4000 K). Le lampade con temperature di colore pari o superiori a 5000 K sono utilizzate alquanto raramente (Humm 2015).



### [4] Scelta e posizionamento degli apparecchi

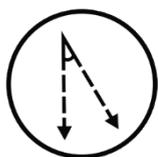
- È consigliabile coinvolgere uno specialista e far eseguire i relativi calcoli illuminotecnici sia per il risanamento (sostituzione del tipo di lampade) sia per la realizzazione di nuove illuminazioni stradali.

<sup>18</sup> Ciò può avvenire ad esempio tramite la cosiddetta tecnologia CLO (*Constant Light Output*). I LED di nuova generazione presentano nel frattempo fenomeni di usura talmente minimi (fattore di manutenzione molto elevato) che il loro flusso luminoso rimane praticamente costante per tutta la durata di vita anche senza la tecnologia CLO. Nel caso dei LED conformi ai requisiti tecnici L90/B10, al termine della durata di vita dichiarata si ottiene ancora il 90 per cento del flusso luminoso iniziale e solo il 10 per cento dei moduli presenta un livello inferiore a questo flusso luminoso. La pulizia regolare (manutenzione) delle lampade e dei sensori garantisce un'efficienza energetica e un funzionamento duraturi.

<sup>19</sup> Secondo le indicazioni dei produttori, i LED a luce bianca calda con una temperatura di colore di 3000 Kelvin (K) sono meno efficienti dal punto di vista energetico di circa il 10-20 per cento rispetto ai LED a luce bianca neutra con 4000 K. Tuttavia, indipendentemente dalla temperatura di colore, i LED presentano già un'efficienza energetica migliore rispetto ai dispositivi tradizionali d'illuminazione, che all'occorrenza può essere ulteriormente aumentata in misura considerevole mediante l'impiego di comandi dinamici per la luce (cfr. all. A2.5).

In tal modo è possibile scegliere le lampade più adatte al caso concreto, nonché la loro collocazione e il loro orientamento ottimali.

- Nella scelta del tipo di luce occorre prestare attenzione non solo a illuminare con la massima precisione le superfici utili previste, ma anche a evitare emissioni luminose indesiderate nell'ambiente circostante. I summenzionati calcoli illuminotecnici possono essere utili anche a tal fine se non sono limitati alla strada e ai marciapiedi, ma includono anche superfici e piani adiacenti (illuminamento verticale sulle abitazioni adiacenti).
- Nel caso in cui la simulazione di una situazione concreta con un percorso stradale predefinito e abitazioni effettivamente esistenti sia troppo onerosa, l'Associazione svizzera per la luce (SLG) ha sviluppato una procedura di valutazione per confrontare i risultati dei calcoli delle emissioni nel vicinato di lampade diverse (SLG 202). Ciò consente al progettista illuminotecnico di identificare il tipo di luce più adatto alla situazione.
- Maggiore è la distanza tra i lampioni e le abitazioni vicine o gli ambienti naturali degni di protezione, minori sono anche le immissioni in tali luoghi. I lampioni dovrebbero pertanto essere collocati, per quanto possibile, al centro della strada o sul lato della strada in cui si trovano spazi meno sensibili per quanto riguarda gli effetti della luce.
- Ottimizzando l'altezza del punto luce è possibile ridurre l'effetto a distanza delle luci e le emissioni sulle abitazioni adiacenti.
- L'effetto a distanza può essere ulteriormente ridotto installando orizzontalmente una copertura in vetro piatta. Infatti, con una copertura in vetro concava, viene illuminato l'intero volume della copertura e la lampada è visibile da molto lontano.
- Le lampade dovrebbero essere ermetiche per impedire l'accesso a piccoli organismi come insetti o ragni<sup>20</sup>.



#### [5] Orientamento dell'illuminazione

- In linea di massima, illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno.
- Laddove per impedire un «effetto galleria» è auspicabile che in determinati orari anche le facciate siano illuminate soffusamente, si possono impiegare sistemi attivabili differenzialmente a seconda dell'orario notturno (cfr. all. A5.6.2).
- Al momento del montaggio, la testa delle lampade deve essere orientata in modo preciso affinché venga illuminato solo ciò che deve essere illuminato.



#### [6] Gestione del tempo / impostazione in funzione dei bisogni

Illuminare solo quando è necessario avere luce. A seconda dei casi, in momenti diversi o in condizioni differenti sono necessarie illuminazioni di intensità diversa.

- In quali orari del giorno/della notte serve l'illuminazione?
- Sono possibili abbassamenti o addirittura spegnimenti notturni?
- È possibile un'illuminazione dinamica o adattativa?

#### [6a] Spegnimento / abbassamento notturno

Secondo il pacchetto di norme SN EN 13201 aggiornato nel 2016, l'illuminazione di una strada può essere ridotta negli orari di scarso traffico, in presenza di una modifica nella composizione del traffico o in caso di diminuzione della luminosità dell'ambiente circostante (ad es. a seguito dello spegnimento delle vetrine) (SLG 202).

Tali abbassamenti notturni possono essere effettuati mediante un profilo varialuce temporizzato che prevede, ad esempio, una leggera riduzione a partire dalle ore 21 e una diminuzione più marcata a

<sup>20</sup> Nel caso delle lampade con tipo di protezione IP65 e superiore questa condizione è soddisfatta.

partire dalle ore 23. Su strade poco o addirittura non frequentate l'illuminazione notturna può anche essere completamente spenta (Topstreetlight 2015).

Oggigiorno abbassamenti e spegnimenti notturni sono la norma in caso di nuovi impianti. Misure di accompagnamento possono aumentare l'accettazione degli spegnimenti notturni da parte della popolazione.

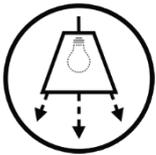
#### [6b] Abbassamenti notturni adattativi

Registrando il flusso di traffico in tempo reale (ad es. con un videosensore) in una determinata fascia oraria, l'illuminazione LED su questo tratto stradale può essere adeguata al volume di traffico in modo uniforme e puntuale. Questi sistemi d'illuminazione in funzione del traffico o «d'osservazione del traffico» sono stati sottoposti con successo a una prova pratica nell'ambito di primi progetti pilota.

#### [6c] Illuminazioni dinamiche

Se le lampade LED sono combinate con sensori di movimento, l'illuminazione di una strada può essere adattata anche a singoli utenti della strada:

- simili illuminazioni dinamiche permettono di ridurre le emissioni luminose e di risparmiare energia senza compromettere la sicurezza stradale;
- l'accensione e lo spegnimento dell'illuminazione dovrebbero avvenire in modo graduale, ossia attenuando l'illuminazione su un determinato lasso di tempo (Topstreetlight 2015) per non disturbare i residenti.



#### [7] Schermi

- In specifici casi problematici, le emissioni nell'ambiente possono essere ulteriormente limitate mediante schermature aggiuntive applicate alle lampade.

#### **Digressione: prestare attenzione all'illuminazione priva di tremolii e sfarfallamenti**

A seconda del tipo di montaggio o della modalità di funzionamento, i trasformatori elettronici alimentano i diodi luminosi con una corrente di maggiore o minore intensità. Ciò provoca conseguenze anche sull'intensità della luce emessa, che diventa tremolante o presenta cosiddetti sfarfallamenti. Gli sfarfallamenti possono tuttavia sorgere anche in presenza di varialuce dei LED, causando un'intensificazione degli sfarfallamenti già presenti senza questi dispositivi o generando nuovi sfarfallamenti nei LED che non ne avevano.

Per adeguare l'intensità luminosa esistono due diverse procedure di regolazione dell'intensità mediante varialuce, che nei nuovi sistemi di illuminazione vengono impiegate per lo più in combinazione. Da un lato, è necessario un dispositivo elettronico di comando con un regolatore che riduce la corrente che passa attraverso i LED mentre dall'altro i LED possono essere attenuati gradualmente fino a bassi livelli anche con la cosiddetta modulazione di larghezza di impulso. In questo caso, la corrente nei LED viene accesa e spenta in modo binario, con frequenze di 100 hertz (Hz) o superiori. Modificando il rapporto tra la durata di accensione e quella di spegnimento, la luminosità media della fonte di luce cambia. In questo contesto è importante che la frequenza di modulazione scelta sia sufficientemente elevata affinché non sia percepita dall'uomo (Blattner 2018).

Gli sfarfallamenti con frequenze inferiori a 80 Hz sono visibili e possono essere considerati molto molesti. Nelle persone affette da epilessia fotosensibile, frequenze di sfarfallamento comprese tra 3 e 70 Hz possono addirittura provocare attacchi epilettici. L'uomo non è in grado di percepire consapevolmente sfarfallamenti con frequenze uguali o superiori a 100 Hz, ossia quelli tipicamente prodotti dai LED, tuttavia, la retina può rilevare sfarfallamenti fino a 200 Hz anche senza una percezione visiva consapevole. Effetti negativi sull'organismo umano sono stati constatati anche in presenza di tali frequenze di sfarfallamento: fenomeni di sfarfallamento di lunga durata possono provocare mal di testa, emicrania, dolori oculari, capacità visiva limitata, distrazione o prestazioni limitate (UFSP 2016).

Per quanto riguarda le ripercussioni sulla salute, sono necessarie ancora molte ricerche per individuare quali fattori come la frequenza di sfarfallamento o la modulazione (forma della vibrazione) hanno esattamente quale impatto sull'organismo. Di conseguenza, la scienza non è ancora in grado di indicare

soglie quantitative per gli effetti e valori limite. Si può anche supporre che i parametri finora utilizzati, come la profondità di modulazione e l'indice di sfarfallamento, non siano sufficienti per rappresentare le complesse ripercussioni sulla salute (Blattner 2018).

Ciononostante, quando si sceglie un prodotto si dovrebbe considerare l'aspetto dello sfarfallamento prima di procedere all'acquisto, al fine di evitare costosi risanamenti di illuminazioni appena installate, qualora gli utenti non si sentissero bene dopo la loro messa in funzione. A tal fine sono utili indicazioni come l'«*output current ripple*» (possibilmente pari o inferiori al 5%), la profondità di modulazione (Mod%), l'indice di sfarfallamento (Flickerindex, FI) o la «percentuale di sfarfallamento» (< 5% si considera priva di sfarfallamento). Quando i LED sono in funzione è possibile rilevare facilmente le caratteristiche di sfarfallamento sullo schermo di una telecamera dello smartphone o digitale puntata sui LED a distanza ravvicinata. Se il LED sfarfalla, sullo schermo è visibile un'immagine a strisce (UFSP 2016, Blattner 2018).

### **Esempi pratici in merito al punto [6a]: spegnimenti notturni e misure di accompagnamento («Fête de la nuit»)**

Nel Principato del Liechtenstein, le modifiche nell'esercizio dell'illuminazione stradale mediante l'introduzione di abbassamenti e spegnimenti notturni sono state effettuate ogni volta durante l'estate. Alcuni Comuni hanno proceduto svolgendo delle fasi di test durante le quali la luce è stata temporaneamente spenta la notte. Queste prove sono state accompagnate da eventi informativi e in seguito sono stati condotti sondaggi presso la popolazione per rilevare l'accettazione degli spegnimenti notturni. I sondaggi sono importanti quando si devono affrontare timori correlati allo spegnimento (ad es. in materia di sicurezza) poiché tali timori non sono di regola espressi nell'ambito di eventi pubblici. Dopo che nel Comune di Planten poco più di due terzi, e in quello di Triesenberg addirittura più di tre quarti della popolazione si sono pronunciati a favore degli spegnimenti notturni, questi sono stati definitivamente introdotti dopo l'esercizio di prova (A. Matt, pers. Mitt., 2015).

Un altro dei numerosi esempi è il Comune di Corgémont (BE), che dal novembre 2014 spegne l'illuminazione pubblica tra le ore 0:30 e le ore 5:30. Come particolare misura d'accompagnamento, il Comune ha dapprima organizzato una manifestazione denominata «Fête de la nuit», che comprendeva diverse offerte informative ed esempi illustrativi volti a sensibilizzare la popolazione. Dopo una fase di prova di quattro mesi, nel febbraio 2015 circa il 59 per cento della popolazione si è espresso a favore del mantenimento dello spegnimento notturno. Oltre a una riduzione delle emissioni luminose, il Comune ha in tal modo potuto risparmiare anche il 42 per cento del suo consumo energetico per l'illuminazione stradale (Klopfenstein 2015, Debrot 2015).

### **Esempio pratico in merito al punto [6b]: luce d'osservazione del traffico**

Nell'ottobre 2015, a Urdorf, nel Cantone di Zurigo, sono state installate lungo un tratto sperimentale di circa un chilometro, 27 lampade LED gestite in funzione del flusso di traffico di tutti gli utenti della strada. A tal fine, un videosensore installato su un palo conta il numero di veicoli in tempo reale. I dati vengono poi inviati a un'unità di controllo centrale, che riporta il flusso di traffico presente in quel momento con le relative prescrizioni normative per l'illuminazione e comunica per radio alle lampade LED l'intensità luminosa adeguata. In questo modo, l'intensità luminosa sull'intero tratto viene adeguata al relativo volume di traffico contemporaneamente e in modo uniforme.

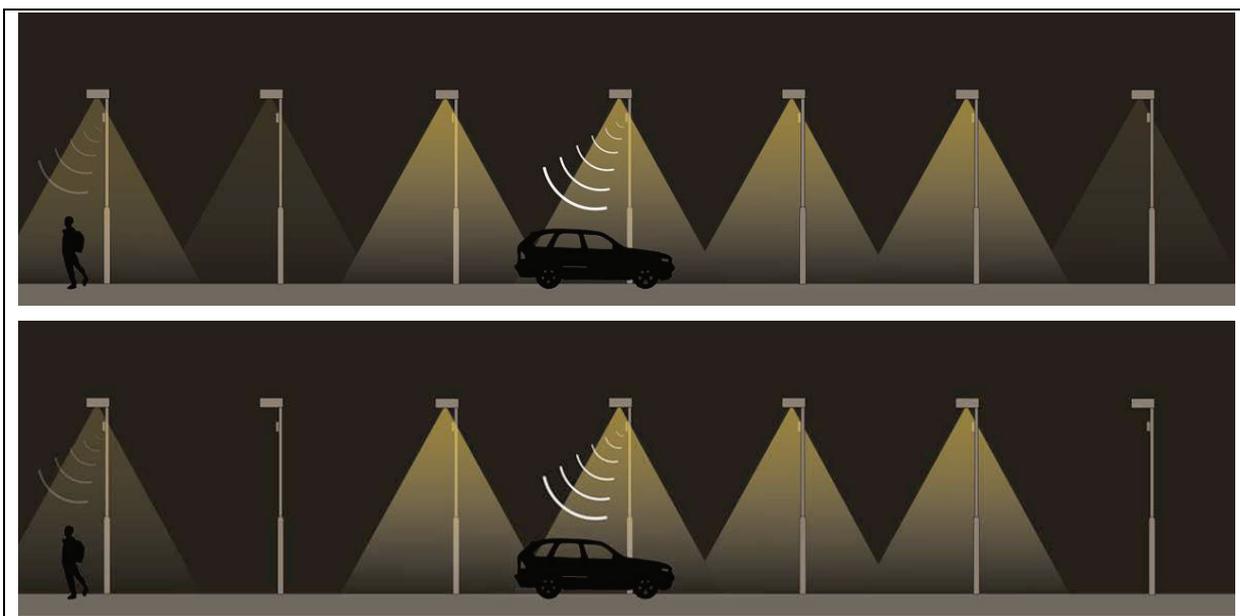
Dopo un anno di esercizio pilota è emerso che la gestione intelligente dell'illuminazione stradale funzionava in modo molto affidabile. Rispetto all'illuminazione già riconvertita al LED e spenta durante la notte tra le ore 1 e le ore 5, con questo sistema è stato possibile risparmiare un ulteriore 30 per cento di energia. Inoltre, durante l'esercizio di prova non sono pervenuti reclami da parte della popolazione (Haller 2016, Aeberhard 2016). Nel 2018, l'Ufficio federale dell'energia (UFE) ha assegnato a questo progetto il premio energetico Watt d'Or nella categoria «Tecnologie energetiche» (UFE 2018).

### **Esempi pratici in merito al punto [6c]: illuminazione a LED interamente dinamica**

Nel frattempo le lampade LED interamente dinamiche sono impiegate in numerosi luoghi, ad esempio, dal 2010 a Yverdon-les-Bains e dal 2015 anche nella città di Coira e con oltre 12 000 punti luce sulle strade cantonali bernesi (cfr. all. A2.5).

Le aziende municipalizzate di San Gallo sono state tra le prime, nel 2009, ad aver maturato esperienze in Svizzera con diverse illuminazioni dinamiche a LED. I primi tentativi hanno fornito loro importanti conoscenze e valori empirici per realizzare, tre anni dopo, in un quartiere residenziale lungo la Hüttenwiesstrasse, un'illuminazione stradale a LED interamente dinamica, che funziona come segue: un'illuminazione di base è sufficiente per garantire a ciclisti e pedoni la visibilità necessaria per rientrare a casa in sicurezza. Sulla base dei riscontri della popolazione, il livello di base è stato aumentato dal 30 originariamente previsto al 50 per cento. Le automobili in avvicinamento sono rilevate dai sensori radar collocati sui pali della luce e l'illuminazione viene aumentata al 100 per cento. Anche le lampade successive sono regolate via radio, di modo che i conducenti sono accompagnati da un tappeto di luci. Dopo circa 120 secondi senza movimento, le lampade si attenuano ritornando gradualmente allo stato di base.

Nel 2014 le aziende municipalizzate di San Gallo hanno sostituito le lampade a vapore di sodio ad alta pressione presenti nella Demutstrasse. Dato che questa via attraversa un biotopo prossimo allo stato naturale, l'illuminazione doveva limitarsi allo stretto necessario. A tal fine è stata impiegata un'illuminazione LED di seconda generazione, interamente dinamica e regolata in modo intelligente, in grado di distinguere gli utenti della strada e adattare l'illuminazione in modo diverso a seconda delle circostanze. Se sulla strada non sono presenti né persone né veicoli, le lampade sono in modalità riposo e non emettono alcuna luce. Se i sensori rilevano un pedone, regolano il livello delle due lampade successive al 30 per cento, mentre se si avvicina un veicolo, quello delle successive cinque lampade al 100 per cento (cfr. fig. 19). Nonostante la complessità della tecnica, dopo la loro messa in funzione gli impianti interamente dinamici funzionavano senza problemi e in modo stabile (Etter 2015).



*Figura 19: Regolazione dinamica dell'illuminazione stradale. I sensori rilevano gli utenti della strada e aumentano la luminosità delle lampade successive, nell'esempio illustrato a livelli diversi a seconda che si tratti di una persona o di un veicolo. Successivamente, le lampade ritornano nella modalità riposo in cui, a seconda dell'impostazione, assicurano un'illuminazione di base (in alto) o non emettono alcuna luce (in basso).*

## **A5.2 Altre infrastrutture di trasporto (stazioni, fermate ecc.)**

### **A5.2.1 In generale**

Oltre all'illuminazione stradale, anche l'illuminazione dell'infrastruttura di altri mezzi di trasporto, come ferrovie, tram, autobus o aerei, può diventare fonte di emissioni luminose nell'ambiente circostante.

Le fermate e i marciapiedi sono illuminati, da un lato, per i passeggeri, in modo che possano trovare le fermate, orientarsi bene, evitare di sostare nella zona di pericolo, sentirsi sicuri e anche avere sufficiente visibilità per non inciampare salendo sul mezzo di trasporto o nelle stazioni per non cadere dal marciapiede sui binari.

Dall'altro lato, l'illuminazione delle stazioni o delle fermate serve ai conducenti di tram o bus per individuare i passeggeri in attesa o ai macchinisti di treni in entrata o in transito per vedere le persone che sostano in prossimità del binario e, all'occorrenza, avvertirle con un fischio.

Inoltre, determinate aree delle stazioni, dei binari o degli aerodromi sono illuminate anche per lavori notturni di smistamento o di carico.

Per il dimensionamento delle relative illuminazioni si ricorre spesso alla norma SN EN 12464-2 «Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 2: posti di lavoro in esterno» che, oltre a disposizioni generali per l'illuminazione dei posti di lavoro all'esterno, contiene anche prescrizioni per l'illuminazione di marciapiedi e binari, nonché per diverse aree di lavoro negli aeroporti (aree di carico, depositi cisterna, manutenzione degli aeromobili). Nel capitolo 4.5 «Luce molesta», la norma SN EN 12464-2 contiene anche valori normali per limitare le emissioni nell'ambiente circostante (cfr. all. A3.4.2).

Nel 2014, il Tribunale federale ha emesso una decisione di principio sull'illuminazione di una stazione.

### **A5.2.2 Decisione di principio del Tribunale federale in merito all'illuminazione di una stazione (DTF 140 II 214)**

Nel luglio 2007, le Ferrovie federali svizzere (FFS) hanno rinnovato completamente l'illuminazione della stazione di Oberrieden See nel Cantone di Zurigo. Due vicini, proprietari di uno stabile abitativo a circa 80 metri di distanza sul pendio al di sopra della stazione, ritenendo che l'illuminazione notturna fosse eccessiva ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb), hanno interposto ricorso e portato il procedimento sino al Tribunale federale.

Il 2 aprile 2014 il Tribunale federale ha accolto parzialmente il ricorso. In questa decisione, ha ricordato il principio secondo cui le immissioni luminose inutili devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche. Questo obbligo deriva dal principio di prevenzione sancito nella legge sulla protezione dell'ambiente (cfr. all. A3.2.1).

Nell'ambito della valutazione della situazione concreta presso la stazione di Oberrieden See, il Tribunale federale ha anche considerato di notevole importanza l'illuminazione dei bordi dei marciapiedi per motivi di sicurezza durante tutto l'orario d'esercizio per evitare che le persone cadano sui binari e consentire ai macchinisti di individuare e avvertire le persone troppo vicine al binario (Tribunale federale 2014).

In considerazione di tale esigenza, secondo il Tribunale federale, l'illuminazione nelle aree esterne non coperte dei marciapiedi non poteva essere contestata. Non ha invece ritenuto necessaria per la sicurezza operativa del traffico ferroviario l'illuminazione molto più intensa nella zona centrale coperta dei marciapiedi, perlomeno durante il periodo di riposo notturno (dalle ore 22 alle ore 6), e ha giudicato una corrispondente riduzione senz'altro possibile dal punto di vista tecnico ed economicamente sostenibile.

Il Tribunale federale ha pertanto disposto la riduzione a circa la metà dell'illuminazione del marciapiede coperto avente un collegamento visivo diretto con i ricorrenti, tra le ore 22 e le ore 6. Per l'attuazione è stato lasciato alle FFS un certo margine di apprezzamento. Il Tribunale ha ordinato imperativamente solo lo spegnimento alle ore 22 di due luci fissate sulla tettoia dei marciapiedi, che illuminavano un manifesto pubblicitario visibile dall'immobile dei ricorrenti.

### Esempi pratici per l'attuazione della decisione di principio *DTF 140 II 214* in altre stazioni

Anche se le decisioni giudiziarie non sono di per sé atti legislativi e si riferiscono ogni volta al singolo caso concreto da giudicare, esse aiutano a concretizzare il modo in cui deve essere interpretato il diritto vigente. Nella decisione *DTF 140 II 214* del 2 aprile 2014 relativa alla stazione di Oberrieden See, il Tribunale federale ha confermato il principio secondo cui le immissioni luminose superflue devono essere limitate conformemente alla LPAmb, nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche, e che l'illuminazione non necessaria per la sicurezza (in questo caso dell'esercizio ferroviario) deve essere spenta o ridotta tra le ore 22 e le ore 6.

Nella pratica esistono diversi modi con cui le imprese ferroviarie attuano questi principi quando rinnovano l'illuminazione delle stazioni. In questo contesto, le ferrovie possono approfittare anche delle nuove possibilità offerte dalle lampade LED, che possono essere orientate in modo più mirato e la cui intensità può essere regolata in modo molto rapido e più preciso rispetto alle tecnologie attuali (cfr. all. A2.4). Oltre alla riduzione delle emissioni luminose si possono in tal modo risparmiare anche costi energetici (cfr. all. A2.5).

Un gestore ferroviario suddivide le proprie stazioni in diverse categorie a seconda del volume di passeggeri. Le diverse intensità luminose a seconda della categoria si basano sulla norma SN EN 12464-2. Considerato che l'intensità luminosa richiesta dalla norma dipende dalla frequenza dei passeggeri e che tale frequenza varia a sua volta a seconda dell'ora del giorno, il gestore ferroviario riduce l'illuminazione nelle ore marginali di esercizio tra le ore 22 e le ore 6 in base alla situazione.

Un'altra impresa ferroviaria dota tutte le nuove lampade LED di sensori di movimento. Durante gli orari di esercizio viene mantenuta un'illuminazione di base al 10 per cento dell'intensità luminosa massima possibile. Non appena qualcuno staziona sul marciapiede o giunge un treno, l'intensità luminosa è aumentata all'80 per cento, rispettando in tal modo le prescrizioni normative. Dopo due minuti di inattività sul marciapiede, l'intensità viene ridotta gradualmente al 10 per cento. In linea di massima, al di fuori degli orari di esercizio l'illuminazione viene spenta (0 %), ma se i sensori di movimento registrano un'attività, la luce viene riaccesa (80 %) e di nuovo spenta completamente (0 %) dopo due minuti senza movimenti.

In una delle sue stazioni, una terza impresa ferroviaria ha attuato un piano di illuminazione al bisogno distinta in funzione delle sezioni dei marciapiedi. In questo caso, i candelabri LED presenti sul marciapiede del binario A sono accesi solo se si utilizza il binario A, mentre le lampade LED del marciapiede del binario B vengono spente dopo le ore 21:30 nella zona non coperta quando circolano solo treni con una composizione corta in trazione semplice, in quanto per questi treni è sufficiente illuminare la zona coperta del marciapiede.

#### **A5.2.3 Raccomandazioni alle autorità di autorizzazione per l'illuminazione di altre infrastrutture di trasporto (stazioni, fermate ecc.)**

- Se la ristrutturazione o la nuova costruzione di stazioni e fermate del trasporto pubblico interessa anche l'illuminazione, sulla base dei documenti di cui al capitolo 4 è possibile valutare se sono rispettate le disposizioni di diritto federale in materia di limitazione delle emissioni luminose.
- Per le stazioni, la documentazione è anche utile per valutare se l'illuminazione è conforme ai principi stabiliti nella decisione di principio *DTF 140 II 214* (riduzione dell'illuminazione non necessaria dal punto di vista della sicurezza tra le ore 22 e le ore 6).

## A5.3 Infrastrutture sportive

### A5.3.1 In generale

Gran parte degli impianti sportivi illuminati viene realizzata negli agglomerati urbani o nelle loro vicinanze. Sempre più spesso vengono però illuminate di notte anche le infrastrutture sportive situate nella natura, come le piste per lo sci alpino, per lo sci di fondo, da slitta, i percorsi per praticare jogging nel bosco, i percorsi di kayak o i maneggi all'esterno.

Prescrizioni sulle modalità d'illuminazione di spazi e campi per le discipline sportive praticate più frequentemente negli impianti interni ed esterni si trovano nella norma SN EN 12193 «Luce e illuminazione – Illuminazione sportiva» (cfr. all. A3.4.2). Tale norma indica i valori per l'intensità luminosa, l'uniformità, la limitazione dell'abbagliamento e le caratteristiche di colore delle fonti di luce, che possono essere impiegati per la pianificazione e la verifica dell'illuminazione degli impianti sportivi. Al capitolo «Luce molesta», la norma SN EN 12193 contiene anche valori normali per limitare le emissioni nell'ambiente circostante (cfr. all. A3.4.2).

Il gruppo di esperti in materia di illuminazione di impianti sportivi (Fachgruppe «Beleuchtung von Sportanlagen») dell'Associazione svizzera per la luce (SLG) si occupa di questioni pratiche relative all'illuminazione di campi sportivi. La SLG ha emanato diverse direttive contenenti integrazioni della norma menzionata per l'illuminazione in varie discipline sportive. Tali direttive comprendono una parte di base e 13 parti incentrate sulle varie discipline sportive. Nella parte di base (SLG 301: «Beleuchtung von Sportanlagen: Teil 1 – Grundlagen, allgemein») al capitolo 1.7 sono anche riportate indicazioni in merito alla riduzione delle emissioni luminose nei dintorni di un impianto di illuminazione, che sono confluite nell'allegato A5.3.2.3 del presente aiuto all'esecuzione.

### A5.3.2 Infrastrutture sportive negli agglomerati

#### A5.3.2.1 In generale

L'illuminazione delle infrastrutture sportive all'aperto (campi d'allenamento, stadi) richiede spesso molta luce. Oggigiorno la disponibilità di proiettori LED con flussi luminosi di tale entità è in continua crescita.

Tuttavia, rimangono in uso anche altre lampade, come le lampade a vapori di alogenuri o quelle a vapore di sodio ad alta pressione, che contrariamente alle lampade LED possono essere regolate meno bene o non possono esserlo del tutto. L'impianto di illuminazione può tuttavia essere dotato di *livelli di commutazione* diversi che producono un'illuminazione di diversa intensità luminosa a seconda che si tratti di illuminare l'impianto per un allenamento o una competizione. Ad esempio, quindi, su un campo da calcio che deve essere illuminato con un illuminamento orizzontale di 120 lux per le partite dei campionati delle leghe amatoriali, per gli allenamenti può essere installato un livello di 80 lux, mentre in un campo da 200 lux per le competizioni a livello di prima lega possono essere previsti ulteriori livelli di commutazione da 120 e 80 lux, fermo restando che in tal caso occorre prestare attenzione anche al rispetto dei requisiti relativi all'uniformità dell'illuminazione (EBP 2016, SLG 302).

Il *tipo di proiettore* utilizzato influisce notevolmente sull'efficacia della limitazione della luce sulla superficie da illuminare. In linea di massima, si distingue tra proiettori che emettono la luce in modo simmetrico o asimmetrico. Per altezze del punto luce fino a circa 20 metri (la relativa altezza dipende anche dalla distanza tra i proiettori e la superficie di gioco), i proiettori asimmetrici limitano la superficie illuminata meglio dei proiettori con distribuzione simmetrica della luce e oggigiorno costituiscono in molti casi lo stato attuale della tecnica (SLG 301, cfr. fig. 20).

Queste indicazioni in merito al tipo di proiettore valgono anche per l'illuminazione di campi sportivi mediante LED. Molti fabbricanti offrono proiettori LED simmetrici che provocano immissioni maggiori nell'ambiente rispetto a quelli asimmetrici. Tuttavia, anche tra i proiettori asimmetrici possono esistere notevoli differenze di qualità. In caso di nuova costruzione o di rinnovo di impianti d'illuminazione di infrastrutture sportive è pertanto opportuno chiarire nel singolo caso gli effetti della luce sull'ambiente circostante.

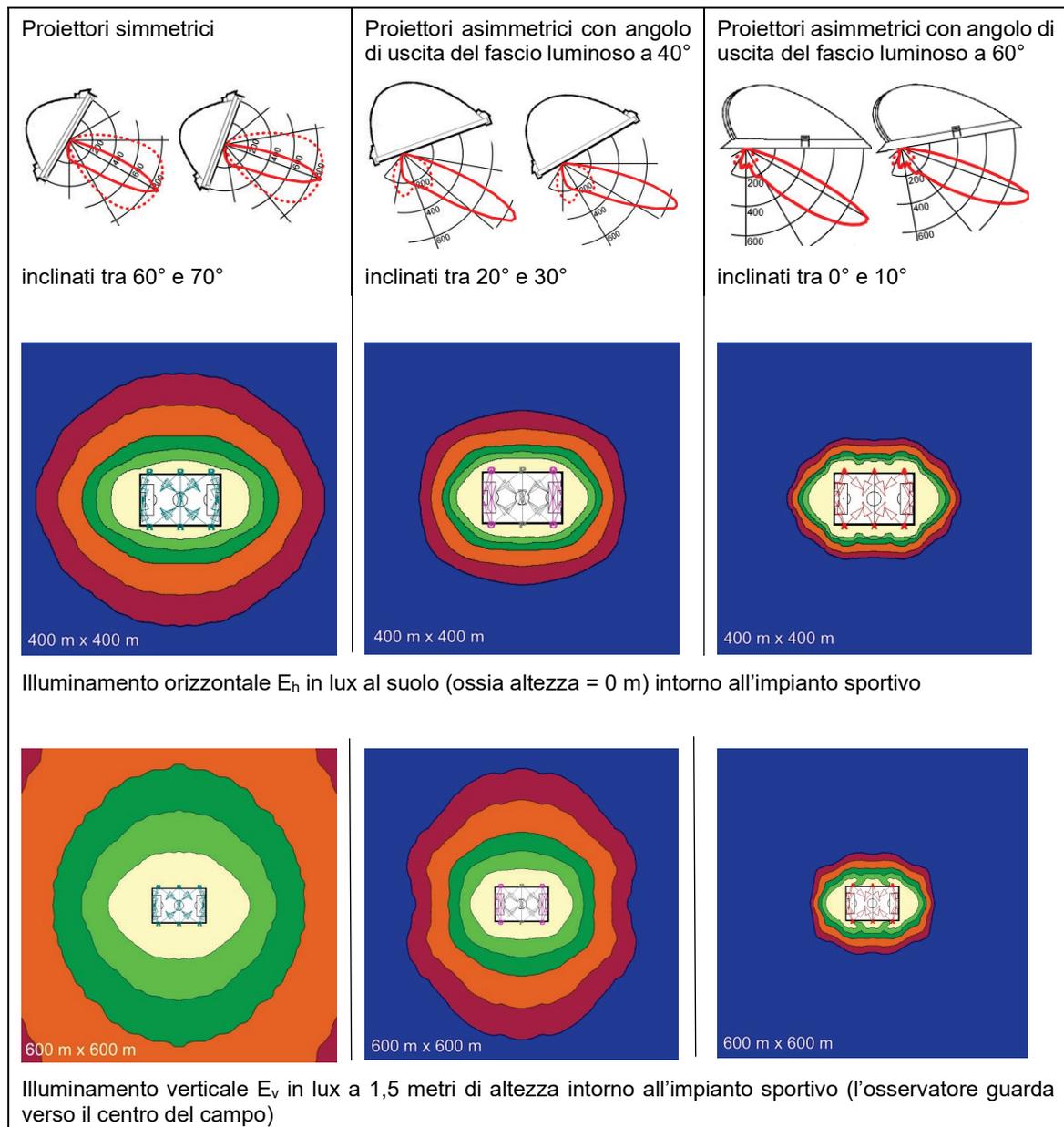


Figura 20: L'esempio mostra un campo sportivo di dimensioni pari a 100 x 64 m, illuminato con 18 proiettori (es. a sinistra e nel centro) o con 16 proiettori (es. a destra) su 6 piloni di 16 metri di altezza. L'illuminamento orizzontale medio sul campo di gioco è pari a 200 lux in tutte e tre le varianti. A seconda del tipo di proiettore utilizzato, l'illuminazione può essere limitata al campo di gioco in modo migliore o peggiore. La riga superiore indica l'illuminamento orizzontale al suolo, la riga inferiore l'illuminamento verticale ad un'altezza di 1,5 metri dal suolo, sempre per la zona intorno all'impianto sportivo. Sulle superfici blu l'illuminamento è inferiore a 1 lux. Nelle zone arancioni i valori si situano tra 2 e 5 lux, mentre nelle zone verde scuro tra 5 e 10 lux. Per i proiettori asimmetrici con angolo di uscita del fascio luminoso a 60° (colonna di destra), l'illuminamento diminuisce più nettamente con l'aumentare della distanza dal campo sportivo (fonte: SLG 301).

### **A5.3.2.2 Raccomandazioni alle autorità di autorizzazione per l'illuminazione di infrastrutture sportive negli agglomerati urbani**

#### **[A] Piano di illuminazione**

La pianificazione dell'illuminazione di infrastrutture sportive richiede degli specialisti. Per l'impostazione, il calcolo e la verifica dell'illuminazione, si orientano per lo più alla norma SN EN 12193 «Luce e illuminazione – Illuminazione sportiva» e alle direttive integrative della SLG (cfr. cap. A5.3.1). Nell'ambito di una procedura di autorizzazione, esigono un piano d'illuminazione per poter valutare se l'illuminazione è corretta e se gli effetti sull'ambiente sono minimi. Indicazioni in merito a ulteriori documenti utili per la valutazione delle emissioni luminose sono disponibili al capitolo 4.

#### **[B] Considerare l'ambiente circostante**

Nel piano di illuminazione occorre considerare anche l'ambiente circostante (come abitazioni o ambienti naturali degni di protezione, topografia ecc.); esso influisce sulla scelta dell'ubicazione e dell'altezza dei piloni, nonché del tipo e dell'orientamento dei proiettori (cfr. sotto).

##### *– Illuminazione di spazi abitativi:*

- Per individuare eventuali conflitti dell'impianto di illuminazione pianificato con edifici abitativi adiacenti, si dovrebbe calcolare l'illuminamento verticale sulle superfici vetrate delle facciate interessate. Il dispendio collegato a tale calcolo è relativamente basso, in quanto di regola l'impianto di illuminazione è già contemplato in un modello di calcolo per simulare le condizioni luminose nel campo sportivo stesso. Questo modello può essere integrato da ulteriori piani verticali per il calcolo dell'illuminamento verticale.
- Per una valutazione della fascia oraria precedente alle ore 22 si possono utilizzare i valori indicativi della norma SN EN 12193 (cfr. tab. 16 nell'all. A6.2 del presente aiuto all'esecuzione). I valori ivi indicati sono valori obiettivo che rappresentano lo stato attuale della tecnica e che concretizzano quindi la limitazione preventiva delle emissioni secondo la legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) (prescrizioni di costruzione e attrezzatura e prescrizioni di esercizio secondo l'art. 12 cpv. 1 lett. b e c LPAmb).
- Per il periodo a partire dalle ore 22, si consiglia di applicare i valori indicativi del capitolo 5.2.2 del presente aiuto all'esecuzione. Questi valori di riferimento servono a valutare se, nel caso concreto, l'illuminazione di spazi abitativi è eccessiva e se occorre quindi imporre limiti di emissione più severi conformemente all'articolo 11 capoverso 3 LPAmb (2° livello).

##### *– Abbagliamento molesto delle persone:*

- questa situazione è difficilmente prevedibile in anticipo. Chiarire se è possibile guardare direttamente la luce da luoghi critici di immissione situati nei dintorni fornisce un punto di riferimento approssimativo. Eventualmente con le misure tecniche descritte qui di seguito si dovrebbe cercare di impedire tale sguardo diretto.
- Per chiarire l'esistenza di un abbagliamento molesto in situazioni già esistenti si consiglia di attenersi alla procedura e ai valori indicativi di cui al capitolo 5.3.

##### *– Pregiudizio per l'ambiente naturale:*

- non esistono valori indicativi per valutare gli effetti sugli animali notturni o sugli ambienti naturali degni di protezione. In tal caso, si deve prestare attenzione a limitare effetti indesiderati, ad esempio, con una scelta appropriata dell'ubicazione e con distanze sufficientemente ampie (cfr. in proposito anche l'all. A5.3.3).

#### **[C] Definizione di orari di esercizio vincolanti**

Per proteggere i residenti, di norma l'illuminazione non dovrebbe essere in funzione oltre le ore 22 e in seguito dovrebbe essere spenta il più rapidamente possibile. A seconda dell'utilizzo (illuminazione per l'allenamento o per la competizione) possono essere stabilite differenti condizioni d'illuminazione per giorni e periodi diversi. È possibile prevedere deroghe anche per eventi particolari.

### A5.3.2.3 Misure per limitare le emissioni luminose causate dall'illuminazione di campi sportivi

Le seguenti misure possono contribuire a ridurre le emissioni nell'ambiente circostante provenienti dall'illuminazione di campi sportivi (SLG 301, EBP 2016, Lichtplan GmbH 2019). La numerazione si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



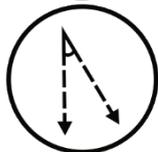
#### [2] Intensità / tonalità

- Prevedere solo l'intensità luminosa necessaria; evitare la sovrailluminazione. Ciò riduce anche il consumo di energia.
- Con l'impiego di proiettori LED si può rinunciare a una sovrailluminazione al momento dell'installazione. I LED offrono la possibilità di adeguare in modo ottimale il flusso luminoso emesso in base all'impianto e all'intensità luminosa necessaria a seconda dell'utilizzo (allenamento, competizione).
- Per i dispositivi d'illuminazione che non possono essere regolati, l'intensità luminosa può essere adattata al rispettivo utilizzo mediante gradi di commutazione (illuminazione per l'allenamento o per la competizione) (cfr. all. A5.3.2.1).



#### [4], [5] Scelta e posizionamento degli apparecchi; orientamento

- Utilizzare se possibile proiettori asimmetrici con elevato angolo di uscita del fascio luminoso (60°) e installarli con copertura in vetro in posizione orizzontale o solo leggermente inclinata.



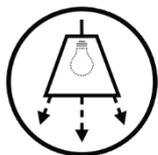
- Se i proiettori asimmetrici con angolo di uscita del fascio luminoso a 60° sono leggermente inclinati tra 2° e 8°, è possibile ridurre al minimo le immissioni luminose sul retro del candelabro. Se l'inclinazione della copertura in vetro è maggiore (cfr. fig. 20, colonna a sinistra e al centro), la luce è visibile da lontano e può comportare più facilmente fenomeni di abbagliamento presso i residenti o attirare più insetti.

- Una piccola modifica dell'orientamento (azimut) di un paio di metri può all'occorrenza ridurre sensibilmente l'effetto di disturbo.
- Ottimizzare altezza e ubicazione dei piloni: in determinate circostanze, più piloni con un'altezza inferiore dei punti luce possono essere una soluzione migliore rispetto a poche lampade centrali per ridurre le emissioni luminose nei dintorni del campo sportivo.



#### [6] Gestione del tempo / impostazione

- Definire orari di esercizio vincolanti e lavorare con varialuce e gradi di commutazione (cfr. sopra). L'illuminazione LED non deve essere accesa anticipatamente.
- In linea di massima deve essere spenta al più tardi alle ore 22.



#### [7] Schermi

- Anche in caso di proiettori LED asimmetrici si deve prestare attenzione alla presenza di una buona schermatura verso l'alto (i proiettori LED asimmetrici non ne sono sempre dotati).
- Le emissioni nell'ambiente circostante possono eventualmente essere ulteriormente limitate con schermature e griglie aggiuntive sui proiettori. In contropartita, ciò potrebbe rendere più difficile il rispetto dei requisiti illuminotecnici sul campo di gioco.
- Misure costruttive tra l'impianto di illuminazione e l'ambiente circostante aiutano a evitare o attenuare l'influsso diretto della luce.

### A5.3.3 Infrastrutture sportive nell'ambiente naturale

#### A5.3.3.1 In generale

Con l'illuminazione delle piste per lo sci alpino, per lo sci di fondo, da slitta, dei percorsi per praticare jogging nel bosco, delle ciclopiste, dei percorsi di kayak o dei maneggi all'esterno, si amplia sempre più anche l'offerta per praticare sport nella natura sfruttando anche la notte, sia come opportunità di allenamento per i giovani, sia come offerta supplementare per la popolazione attiva o come attrazione turistica (cfr. all. A2.1). Anche le infrastrutture necessarie a tal fine, come gli impianti a fune, sono in funzione fino a tarda notte. Per l'illuminazione di queste infrastrutture sportive nella natura, nella maggior parte dei casi sono sufficienti intensità nettamente inferiori a quelle necessarie per i campi sportivi negli agglomerati urbani. A causa dell'ambiente naturale più buio, questi impianti possono tuttavia costituire anche un notevole potenziale di disturbo. A ciò si aggiunge il fatto che gli ambienti naturali degni di protezione o le specie fotosensibili sono maggiormente colpiti rispetto a quanto avviene negli agglomerati urbani.

#### A5.3.3.2 Misure per limitare le emissioni luminose causate dall'illuminazione di infrastrutture sportive situate nell'ambiente naturale

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



##### [1] Necessità

A causa dell'ambiente circostante naturalmente più buio, i conflitti di obiettivi tra gli interessi di utilizzo e quelli di protezione sono particolarmente marcati quando s'intende illuminare zone nella natura. È pertanto consigliabile coinvolgere tutti i servizi rilevanti (come responsabili politici, operatori turistici, associazioni sportive, autorità e organizzazioni di protezione della natura ecc., cfr. cap. 3.2) già al momento di chiarire se un'infrastruttura sportiva debba essere illuminata.



##### [2] Intensità / tonalità

- Utilizzare solo la luminosità necessaria: soddisfare i bisogni con la minore quantità complessiva possibile di luce. Ciò permette anche di risparmiare energia.
- Considerare la luminosità dell'ambiente: in un ambiente piuttosto buio è necessaria una luce meno intensa per ottenere l'illuminazione ricercata.
- In inverno, tenere conto del grado di riflessione della neve. Una luminosità sufficientemente elevata delle piste per lo sci alpino o di fondo (misurata sotto forma di luminanza) è possibile già con intensità luminose ridotte grazie all'elevato grado di riflessione della neve.



##### [3] Spettro luminoso / colore della luce

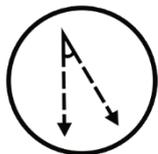
- Scelta dello spettro luminoso utilizzato accurata e commisurata allo scopo e al luogo dell'illuminazione, nonché al relativo ambiente circostante.
- Minore è la percentuale di blu della luce artificiale, più si riducono le ripercussioni biologiche negative (effetto di attrazione sugli insetti, influsso sul ritmo giorno-notte degli esseri viventi). Qualora s'intendano illuminare infrastrutture sportive situate nella natura, è pertanto consigliabile impiegare una luce con la minore percentuale di blu possibile, ossia utilizzare possibilmente luce bianca calda.



##### [4] Scelta dell'ubicazione / collocazione delle lampade

Se si è optato per un'illuminazione, si devono limitare il più possibile le ripercussioni sull'ambiente circostante, iniziando da una scelta accurata dell'ubicazione dell'infrastruttura sportiva e degli impianti d'illuminazione. Anche a questo riguardo si consiglia di coinvolgere tempestivamente i servizi specializzati e gli attori rilevanti e di chiarire quali zone devono essere particolarmente protette dagli effetti della luce. Nella scelta dell'ubicazione si deve considerare in particolare quanto segue:

- nessuna illuminazione nelle zone protette, negli spazi vitali di specie animali e vegetali protette o nei luoghi di letargo e di cova;
- osservare una distanza sufficiente da tali ambienti naturali o paesaggi protetti e degni di protezione;
- mantenere corridoi di buio collegati affinché gli spazi vitali degli animali notturni restino interconnessi;
- evitare il più possibile l'effetto a distanza delle luci mediante una scelta appropriata dell'ubicazione, un'altezza ridotta dei piloni e un orientamento mirato delle luci.



#### [5] Orientamento

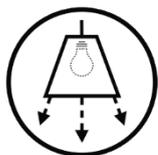
- In linea di massima, illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno.
- Quando si orientano le lampade, prestare attenzione anche al fatto che nessuna luce diffusa penetri in ambienti naturali o paesaggi degni di protezione o che, a causa della topografia (dislivelli), non si verifichino abbagliamenti molesti nelle abitazioni situate nei dintorni.
- Adeguare al meglio l'illuminazione al terreno (tenere conto delle asperità, della topografia ecc.).



#### [6] Gestione del tempo / impostazione

Quando si elabora un piano d'illuminazione, occorre considerare anche la regolazione dell'illuminazione in funzione del periodo temporale e delle esigenze. A tal fine possono essere utili le seguenti riflessioni:

- non illuminare tutte le sere: stabilire i giorni della settimana o il numero di giorni per settimana in cui l'illuminazione è in funzione;
- considerare le condizioni meteorologiche: ad esempio non illuminare in caso di nebbia, nuvole basse o pioggia;
- considerare la stagione: ad esempio tenere in considerazione la migrazione degli uccelli in primavera e autunno;
- considerare la luminosità naturale dell'ambiente: ad esempio attivare l'illuminazione preferibilmente nelle notti luminose (luna piena), rinunciando alla stessa nelle notti buie (luna nuova);
- stabilire gli orari massimi di esercizio: per proteggere i residenti, ma anche la natura, di norma l'illuminazione non dovrebbe essere in funzione oltre le ore 22 e in seguito dovrebbe essere spenta il più rapidamente possibile.



#### [7] Schermi

- Limitare la luce con la massima precisione possibile alla superficie da illuminare. Eventualmente, applicare schermature aggiuntive alle luci.
- Utilizzare vetri opacizzati e oscurati per cabine, impianti a fune o edifici, per evitare che l'illuminazione interna si propaghi all'esterno.

## A5.4 Impianti industriali e artigianali, cantieri e postazioni di lavoro all'aperto

### A5.4.1 In generale

L'illuminazione di impianti industriali e artigianali, cantieri o postazioni di lavoro all'aperto può provocare conflitti dovuti alle emissioni luminose per diversi motivi (EBP 2016, Tschanz 2015):

- gli impianti industriali e artigianali di maggiori dimensioni si trovano spesso al margine degli insediamenti. Qui, da un lato, la luminosità ambientale è nella maggior parte dei casi ridotta, motivo per cui l'illuminazione si nota maggiormente e può avere effetti molesti sugli abitanti mentre, dall'altro, le distanze dagli spazi vitali naturali sono minori, aumentando dunque il rischio di effetti negativi sulle specie animali notturne fotosensibili e pregiudicando anche la naturale oscurità notturna;
- nelle aziende artigianali ubicate nelle zone miste, in particolare anche l'illuminazione (interna) nelle prime ore del mattino può illuminare le zone giorno e le zone notte delle abitazioni adiacenti;
- nei cantieri, i proiettori possono anche provocare abbagliamenti diretti, mentre l'illuminazione delle gru (incl. pubblicità luminosa) di cantieri inattivi durante la notte può essere percepita come molesta.

Secondo l'ordinanza sulla prevenzione degli infortuni (*OPI, RS 832.30*), i locali, i posti di lavoro, i passaggi e i corridoi ecc. all'interno e all'esterno degli edifici, devono essere illuminati in modo che la sicurezza e la salute dei lavoratori non siano messe in pericolo. Per i posti di lavoro all'aperto, la norma SN EN 12464-2 «Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 2: Posti di lavoro in esterno» prescrive il modo in cui gli stessi devono essere illuminati sotto il profilo del comfort visivo e della capacità visiva, affinché i lavori possano essere eseguiti il più possibile senza pericolo di incidenti. La norma tratta ad esempio:

- i punti di carico e scarico;
- i cantieri;
- gli impianti industriali e magazzini;
- le stazioni di servizio;
- le aree di carico e di manutenzione degli aeroporti;
- i marciapiedi e le altre aree delle stazioni (cfr. ulteriori informazioni nell'all. A5.2).

Al capitolo 4.5, la SN EN 12464-2:2014 riporta inoltre valori indicativi, relativi ad esempio all'intensità luminosa sulle facciate delle abitazioni adiacenti, al fine di limitare l'effetto di disturbo delle illuminazioni esterne (cfr. ulteriori spiegazioni nell'all. A3.4.2).

### A5.4.2 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni causate dall'illuminazione di impianti industriali e artigianali, cantieri e postazioni di lavoro all'aperto

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [1] Necessità

- Nel caso di impianti o postazioni di lavoro all'aperto, che devono rispettare prescrizioni normative relative all'illuminazione, la loro necessità non deve essere messa in discussione. Nell'ambito della procedura di autorizzazione si consiglia alle autorità di richiedere, e al titolare dell'impianto di presentare, un piano di illuminazione e la documentazione secondo l'allegato A4.



#### [2] Intensità / tonalità

- Laddove le norme esigono una certa luminosità, il principio deve essere il seguente: rispettare i valori normali, ma non superarli.
- Si deve inoltre tenere in considerazione la luminosità dell'ambiente: in un ambiente piuttosto buio è necessaria una luce meno intensa per ottenere l'illuminazione ricercata.

- I potenziali punti di pericolo possono essere messi in evidenza differenziando in maniera puntuale l'illuminazione (ad es. una temperatura di colore o un'intensità diversa da quella dell'illuminazione di base).



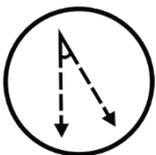
### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- Scelta dello spettro luminoso utilizzato accurata e commisurata allo scopo e al luogo dell'illuminazione, nonché al relativo ambiente circostante. Per le postazioni di lavoro all'aperto esistono in parte prescrizioni sulle proprietà della resa cromatica del dispositivo di illuminazione utilizzato, affinché ad esempio i colori di sicurezza sui cartelli segnaletici siano riconoscibili come tali.



### [4] Scelta e posizionamento degli apparecchi

- Utilizzando un numero maggiore di piloni con un'altezza delle luci dal suolo inferiore (cosiddetta altezza del punto luce) e flussi luminosi più bassi, è possibile illuminare in modo più uniforme e ridurre le emissioni luminose nell'ambiente circostante rispetto a quanto avviene con l'impiego di piloni più alti (riduzione dell'effetto a distanza, direzione della luce più precisa).
- L'impiego di lampade con una distribuzione asimmetrica della luce, rispetto a quello di lampade a raggi simmetrici, consente di limitare meglio la luce alla superficie che deve essere effettivamente illuminata.



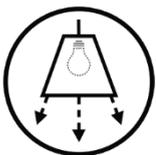
### [5] Orientamento

- In linea di massima, illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno.
- Orientare la copertura in vetro della testa della lampada il più possibile orizzontalmente. Se l'inclinazione della lampada è maggiore, la luce è visibile da lontano e può quindi comportare più facilmente fenomeni di abbagliamento presso i residenti o attirare più insetti.



### [6] Gestione del tempo / impostazione

- Al termine dell'esercizio, l'illuminazione deve essere completamente spenta. In caso contrario, si devono indicare chiaramente i motivi tecnici o aziendali per cui lo spegnimento totale non è possibile.
- Anche per l'illuminazione durante l'esercizio si deve cercare di illuminare solo le superfici sulle quali si sta effettivamente lavorando utilizzando lampade e dispositivi di regolazione adeguati (come ad es. sensori di movimento). Per le stazioni di servizio ciò può significare, ad esempio, che dopo la chiusura del negozio saranno illuminate solo le pompe di benzina.
- Anche le emissioni generate dall'illuminazione interna possono essere ridotte illuminando solo i locali in cui si lavora effettivamente mediante un comando intelligente per la regolazione della luce, che registra le persone presenti. Ciò aiuta inoltre a risparmiare energia.



### [7] Schermi

- In specifici casi problematici, le emissioni nell'ambiente possono essere ulteriormente limitate mediante schermature aggiuntive applicate alle lampade.
- In caso di cantieri temporanei, la visibilità e le emissioni nell'ambiente circostante possono essere limitate anche con pareti frangivista aggiuntive o dispositivi simili.
- Per quanto attiene agli edifici di grandi dimensioni o con ampie superfici vetrate, le emissioni generate dall'illuminazione interna nelle prime ore del mattino o in tarda serata possono essere ridotte mediante tapparelle, imposte o tende coprenti.

## A5.5 Segnalazione luminosa di ostacoli alla navigazione aerea

### A5.5.1 In generale

Sono considerati ostacoli alla navigazione aerea gli oggetti (edifici, antenne, torri, gru, impianti a fune, impianti eolici, linee ad alta tensione o altri impianti elevati, nonché piante) che raggiungono o superano un'altezza di 60 metri nelle zone edificate e di 25 metri in quelle non edificate. I proprietari di tali impianti sono tenuti a registrare un oggetto che costituisce un ostacolo o a farlo autorizzare dall'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC). I dettagli sono disciplinati negli articoli 63 e seguenti dell'ordinanza del 23 novembre 1994 sull'infrastruttura aeronautica (OSIA, RS 748.131.1). L'UFAC verifica se un impianto può essere costruito alla luce della sicurezza del traffico aereo e quali misure di sicurezza devono essere adottate, come marcature e/o segnalazioni luminose.

Per quanto riguarda la segnalazione luminosa di ostacoli, l'aspetto della sicurezza per gli aeromobili (che volano bassi) è prioritario. Per quanto riguarda gli oneri relativi alla segnalazione luminosa di ostacoli alla navigazione aerea, l'UFAC si fonda principalmente sulle seguenti basi legali:

- regolamenti dell'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (ICAO): allegato 14 vol. I / capitolo 6 ICAO;
- OSIA: l'ordinanza disciplina la costruzione di infrastrutture aeronautiche (aerodromi e impianti della navigazione aerea) e l'esercizio degli aerodromi. Contiene inoltre le disposizioni applicabili agli ostacoli alla navigazione aerea;
- Direttiva AD I-006 I, Ostacoli alla navigazione aerea, UFAC 16.08.2021: questa direttiva riporta le misure di sicurezza necessarie classificate per tipo di ostacolo.

Le segnalazioni luminose di ostacoli possono causare disturbi sia per l'uomo che per gli animali (uccelli migratori, pipistrelli). Al di fuori degli agglomerati urbani, tali effetti sono particolarmente significativi, in quanto in queste zone la luminosità ambientale è per lo più ridotta. Nelle notti chiare, l'effetto di disturbo è maggiore di quello in condizioni di nuvolosità.

Alcuni studi (ad es. Azam 2017) hanno dimostrato che una luce bianca permanente attrae maggiormente gli uccelli migratori rispetto a una luce lampeggiante rossa. Per i pipistrelli, la segnalazione luminosa ha un'incidenza maggiore sulle specie locali rispetto alle specie migratrici. In linea di massima, tuttavia, la luce rossa crea meno disturbo ai pipistrelli locali rispetto a quella bianca.

### A5.5.2 Misure volte a ridurre gli effetti di disturbo causati dalla segnalazione luminosa di ostacoli alla navigazione aerea

Le seguenti misure possono contribuire a ridurre gli effetti di disturbo causati a persone e animali dalle segnalazioni luminose di ostacoli alla navigazione aerea. La numerazione si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [2] Intensità

- Adeguamento dell'intensità dell'illuminazione alle condizioni di visibilità (mediante apparecchi di misurazione della visibilità).



#### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- Se possibile, utilizzare luce rossa lampeggiante.



#### [6] Gestione del tempo / impostazione

- Sincronizzazione dei lampeggianti nel caso in cui debbano essere segnalati più oggetti.
- Segnalazione luminosa in funzione del bisogno, ossia rilevamento degli aeromobili mediante radar.

Queste misure sono in sintonia con le prescrizioni della direttiva AD I-006 I «Ostacoli alla navigazione aerea» dell'UFAC, che per le segnalazioni luminose notturne esige l'impiego di luce lampeggiante rossa e la sincronizzazione del lampeggiamento in caso di impianti permanenti o di un complesso di impianti permanenti (ad es. parco eolico).

## A5.6 Spazi pubblici e piazze

### A5.6.1 In generale

In città, la vita sociale si svolge in gran parte nelle zone pedonali, nelle piazze pubbliche o nei parchi cittadini. Di notte, l'illuminazione di queste zone d'incontro deve, da un lato, offrire alle persone sicurezza e aiuto nell'orientamento e, dall'altro, creare un'atmosfera invitante e gradevole.

Oltre all'intensità luminosa, a ciò concorrono anche aspetti quali la temperatura di colore o le proprietà della resa cromatica della luce utilizzata, nonché la possibilità di percepire bene lo spazio e i volti delle persone nell'ambiente circostante. Ad esempio, molte persone percepiscono la luce bianca calda come più gradevole rispetto alla luce bianca neutra. In presenza di una buona resa cromatica, le altre persone appaiono più naturali e non pallide come alla luce composta solo da uno spettro ristretto simile, come ad esempio nel caso della luce giallo-arancione delle lampade a vapore di sodio a bassa pressione. Inoltre, con una luce diffusa il viso si riconosce meglio rispetto a quanto avviene con una luce fortemente orientata, mentre gli elementi verticali illuminati, come le facciate, impediscono l'«effetto tunnel» spesso percepito come negativo e facilitano la percezione e l'orientamento nello spazio, con un conseguente effetto positivo sul senso di sicurezza (cfr. all. A2.3.4).

A prima vista, alcuni di questi aspetti contraddicono i principi validi per evitare emissioni luminose superflue, ossia l'orientamento della luce dall'alto verso il basso e la sua distribuzione solo sulle superfici da illuminare. Questa contraddizione è tuttavia attenuata dal fatto che un'illuminazione di piazze e spazi pubblici, compresi gli elementi verticali, può funzionare già a basse intensità luminose; non esistono prescrizioni normative da dover rispettare in questo contesto. Grazie a un ridotto illuminamento (orizzontale), è possibile limitare le riflessioni dal suolo nel cielo notturno. Inoltre, le nuove tecnologie offrono la possibilità di illuminare le facciate in modo molto preciso (cfr. all. A5.7.2) o di regolare l'illuminazione in modo che a partire da determinati orari le facciate non siano più illuminate.

### A5.6.2 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni causate dall'illuminazione di spazi pubblici e piazze

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [1] Necessità

- L'illuminazione degli spazi pubblici dovrebbe essere integrata in un piano d'illuminazione generale o su vasta scala. Indicazioni di principio in proposito sono disponibili nell'allegato A4.1.
- Per decidere se sia necessario illuminare un parco cittadino di notte, la funzione che lo stesso svolge è di fondamentale importanza:
  - se il parco è destinato in primo luogo a essere utilizzato durante il giorno, si deve evitare l'illuminazione notturna;
  - se il parco svolge una funzione anche di notte, se ad esempio funge da asse di collegamento diretto tra altri importanti spazi urbani per pedoni o ciclisti, evitando loro di dover mettere in conto lunghe deviazioni, in tal caso può essere indicata un'illuminazione adeguata al bisogno;
  - a tale proposito occorre prestare attenzione al fatto che illuminando il parco non si crei la percezione di una sicurezza che in realtà potrebbe non esistere affatto. Infatti, la luce può ad esempio svolgere la propria funzione di sicurezza per prevenire reati solo quando è possibile un controllo sociale. Una cattiva illuminazione che provoca abbagliamenti può addirittura aumentare il rischio di incidenti o reati (ulteriori indicazioni sull'integrazione di aspetti rilevanti per la sicurezza nella pianificazione delle illuminazioni sono disponibili nell'all. A4.2.5).



#### [2] Intensità / tonalità

- Per ottenere un buon effetto nello spazio da illuminare è spesso sufficiente un'illuminazione discreta. Eventualmente, per mettere in evidenza potenziali zone di pericolo, in determinati punti si può scegliere un'illuminazione diversa da quella adottata nel resto dello spazio.

- Anche le strade e le piazze circostanti devono essere incluse nella pianificazione dell'illuminazione di uno spazio pubblico, in modo da evitare eccessive differenze di luminosità tra le diverse zone. In caso di forti contrasti chiaro-scuro, i potenziali autori di reati possono nascondersi più facilmente nell'ambiente circostante nettamente più buio. Per quanto riguarda la criminalità, spesso non sono le piazze storiche a rappresentare un problema, bensì i vicoli laterali (EBP 2016).
- A seconda della presenza o meno di illuminazione in un parco e del modo in cui esso viene illuminato, ai suoi margini devono essere create aree di adattamento che consentano un passaggio graduale dagli spazi urbani più luminosi a quelli più bui e viceversa.
- Per quanto attiene all'illuminazione dei percorsi in un parco, si deve altresì prestare attenzione a non creare forti contrasti chiaro-scuro che impediscono alle persone che si trovano sui percorsi (eccessivamente) illuminati di riconoscere ciò che accade davanti a loro nelle vicinanze («effetto palcoscenico»). Oltre a un'illuminazione adeguata, contribuiscono a migliorare la visibilità una buona pianificazione del tracciato e possibilità di orientamento (segnaletica, assenza di muri che bloccano la visuale), nonché un'adeguata collocazione e gestione di cespugli, siepi e alberi.



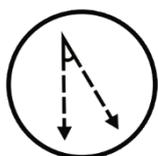
### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- Per creare un'atmosfera invitante e gradevole in piazze pubbliche e parchi, nella pratica (malgrado la minore efficienza energetica) si usa spesso una luce bianca calda con una buona resa cromatica poiché la maggior parte delle persone la considera più gradevole rispetto a quella bianca fredda o neutra.



### [4] Scelta e posizionamento degli apparecchi

- Se si vuole illuminare superficialmente facciate di edifici particolari o realizzare la proiezione luminosa di oggetti, il sistema di proiezione della luce o un'illuminazione a LED focalizzata rappresenta attualmente il miglior stato della tecnica per evitare emissioni luminose superflue (cfr. all. A5.7.2).
- Le lampade storiche godono spesso di un forte sostegno da parte della popolazione, anche se sono inefficienti, la loro luce non può essere orientata e possono provocare abbagliamenti. In linea di massima, tuttavia, anche queste lampade possono essere convertite alla tecnologia LED e adeguate al fine di evitare emissioni luminose superflue.



### [5] Orientamento

- In linea di massima, illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno.
- Se possibile, le acque prossime allo stato naturale, le rive e gli alberi non devono essere illuminati.



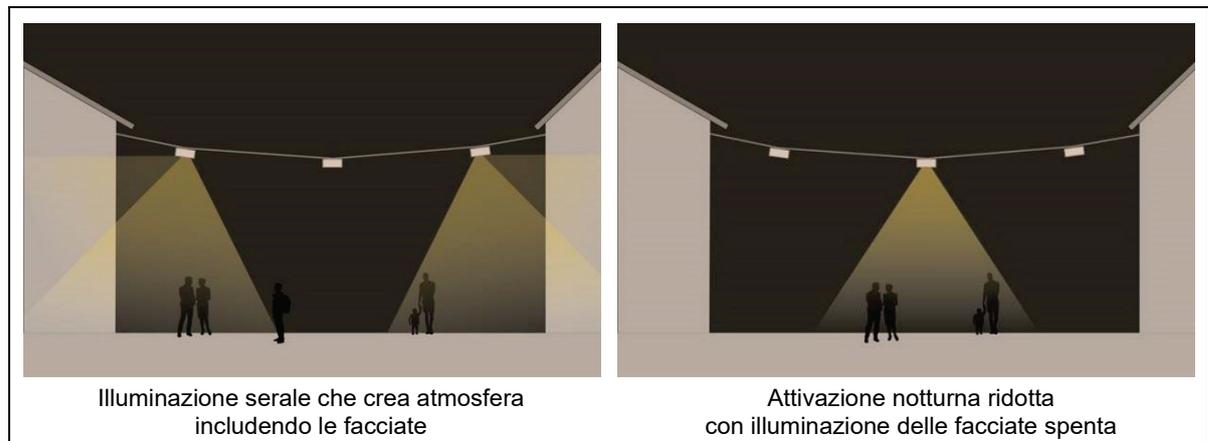
### [6] Gestione del tempo / impostazione

- Quando una piazza pubblica non è più utilizzata (ad es. dopo la chiusura dei ristoranti), l'illuminazione può essere notevolmente ridotta.
- Laddove per impedire un «effetto tunnel» è auspicabile che in determinati orari anche le facciate siano illuminate soffusamente, si possono impiegare sistemi attivabili differenzialmente a seconda dell'orario notturno e che a partire da una determinata ora non illuminano più le facciate circostanti (cfr. il seguente esempio pratico).

#### Esempio pratico: soluzioni per impedire l'effetto tunnel negli spazi pubblici a Lucerna

Al fine di creare un'atmosfera piacevole e familiare, ma al contempo vivace, nel centro di Lucerna si impiegano in linea di massima lampade di colore bianco caldo con un'ottima resa cromatica. Per l'illuminazione delle viuzze del centro cittadino sono state inoltre sviluppate speciali lampade da parete a emissione diretta/indiretta, che presentano due fonti di luce attivabili indipendentemente l'una dall'altra e che illuminano in diverse direzioni. Nelle prime ore della sera, per evitare un «effetto tunnel», viene quindi illuminato il volume complessivo degli spazi delle viuzze. In seguito, durante la notte la luce

orientata verso le facciate viene spenta e l'illuminazione rivolta solo verso il basso sulla strada o sul marciapiede. Le piazze sono illuminate in modo analogo, ma in questo caso con lampade disposte e attivate in modo diverso (cfr. fig. 21).



*Figura 21* Disposizione schematica e funzionamento delle lampade sospese con cui sono illuminate le piazze del centro cittadino di Lucerna. Nelle prime ore serali (immagine a sinistra) le luci esterne illuminano anche le facciate. Rendendo visibile l'architettura si evita un effetto tunnel e si ottiene una percezione ottimale del luogo nella sua tridimensionalità. La lampada intermedia rimane spenta. In tarda serata e durante la notte, si passa dall'illuminazione mediante le lampade sospese poste all'esterno a quelle all'interno, situate in corrispondenza del centro della piazza (immagine a destra). L'illuminazione delle facciate si spegne, limitando eventuali disturbi alle abitazioni adiacenti (fonte: Città di Lucerna 2006).

## A5.7 Edifici pubblici e oggetti

### A5.7.1 In generale

Negli edifici pubblici (edifici amministrativi, scuole ecc.), *illuminazioni esterne* funzionali (ad es. nelle vie d'accesso e nei piazzali antistanti) possono provocare emissioni luminose. In caso di edifici di grandi dimensioni (ad es. grattacieli, ospedali) o di edifici con grandi superfici vetrate o vani scala vetrati, anche l'**illuminazione interna** può generare emissioni significative all'esterno, se le finestre non sono schermate con tapparelle o imposte. In tal caso si tratta di un'illuminazione superflua che filtra all'esterno.

Inoltre, per motivi artistici, vengono illuminate anche le facciate di chiese o edifici storici, nonché oggetti come mura cittadine o monumenti. In passato, facciate oppure oggetti erano illuminati perlopiù con proiettori o sistemi multilampada.

Nel caso dei *proiettori*, intorno all'edificio vengono installati uno o più proiettori, che illuminano diffusamente le facciate. Questo tipo di illuminazione è relativamente semplice da realizzare, ma non particolarmente preciso. I proiettori collocati nei pressi dell'edificio, fortemente orientati verso l'alto, emettono gran parte della luce inutilizzata nel cielo notturno, mentre i proiettori che si trovano a una distanza maggiore dalla facciata hanno un elevato potenziale di abbagliamento (Ulmann 2015).

Quando viene collocato un numero elevato di luci a bassa intensità direttamente sulla facciata si parla di *sistema multilampada*. In tal modo è possibile valorizzare con precisione le caratteristiche architettoniche. Realizzazione e manutenzione di questo sistema sono dispendiose poiché occorre tenere conto di numerosi singoli punti luce, superfici e valori luminosi. Inoltre, a seconda del dispositivo d'illuminazione impiegato, anche il fabbisogno energetico può essere considerevole (Ulmann 2015, Cieslik 2010).

Tra il 2004 e il 2008, nell'ambito di un progetto promosso dalla Commissione per la tecnologia e l'innovazione (CTI) della Confederazione, è stato sviluppato il cosiddetto *sistema di proiezione della luce*. Questo sistema combina i vantaggi illuminotecnici dei proiettori e dei sistemi multilampada convenzionali, ossia un'illuminazione omogenea e al contempo precisa delle facciate, riducendo tuttavia le emissioni luminose indesiderate oltre i bordi degli edifici e il consumo di energia. Il sistema si basa sulla tecnica di proiezione già nota da tempo, che è stata tuttavia ulteriormente sviluppata nell'ambito del progetto CTI per un impiego nello spazio esterno cittadino, in modo da renderla pronta per l'applicazione e il mercato (Cieslik 2010).

### A5.7.2 Sistema di proiezione della luce e illuminazione focalizzata

Con il sistema di proiezione della luce, le facciate sono illuminate con un proiettore che proietta sulla facciata dell'edificio modelli di immagini la cui distorsione è stata corretta. Il modello di immagine è riportato con il laser o mediante incisione su una lastra di vetro rivestita con cromo. Le zone trasparenti lasciano passare la luce, mentre le superfici nere presenti sul modello la bloccano. Servendosi di diversi gradi di grigio possono essere rappresentate anche variazioni della luminosità. Tali maschere gobo (*graphical optical blackout*) vengono collocate davanti al dispositivo di illuminazione in proiettori appositamente progettati (cfr. fig. 22). Nei primi anni, quale dispositivo di illuminazione si utilizzavano lampade a vapori di alogenuri, mentre dal 2016 si impiegano anche lampade LED. I proiettori possono essere installati su piloni o montati sulle facciate di edifici antistanti (Cieslik 2010).

A seconda della luminosità dell'ambiente e delle caratteristiche di riflessione della facciata, per poter realizzare la proiezione luminosa di un oggetto sono necessarie intensità luminose differenti. Il risultato di una proiezione luminosa ben eseguita è convincente, da un lato, dal punto di vista artistico: la luce appare infatti gradevole per l'occhio, i contrasti, le sporgenze e le strutture sono molto ben visibili (Ulmann 2015, pag. 140); dall'altro, grazie all'illuminazione precisa vengono ridotte le emissioni luminose superflue. Inoltre, le maschere gobo consentono anche di evitare aree che devono rimanere buie situate sull'oggetto da illuminare impedendo, ad esempio, che la luce colpisca i luoghi di cova e di nidificazione degli uccelli situati nelle mura cittadine o nelle finestre delle facciate.

Uno studio della scuola universitaria professionale della Svizzera nordoccidentale ha confermato mediante misurazioni che le delimitazioni del cono di luce sono marcate e che di conseguenza solo

pochissima luce irradia al di là dei bordi degli edifici o delle superfici da illuminare. Lo studio non individua problemi nella tecnica stessa, bensì in un'eventuale applicazione esagerata di tale sistema, se le autorità, i proprietari e i progettisti non selezionano accuratamente gli oggetti da illuminare e non stabiliscono delle priorità. Se si è deciso di illuminare una determinata facciata oppure un determinato oggetto, il sistema di proiezione della luce illustrato rappresenta attualmente il miglior stato della tecnica per evitare emissioni luminose superflue (Kobler 2009).

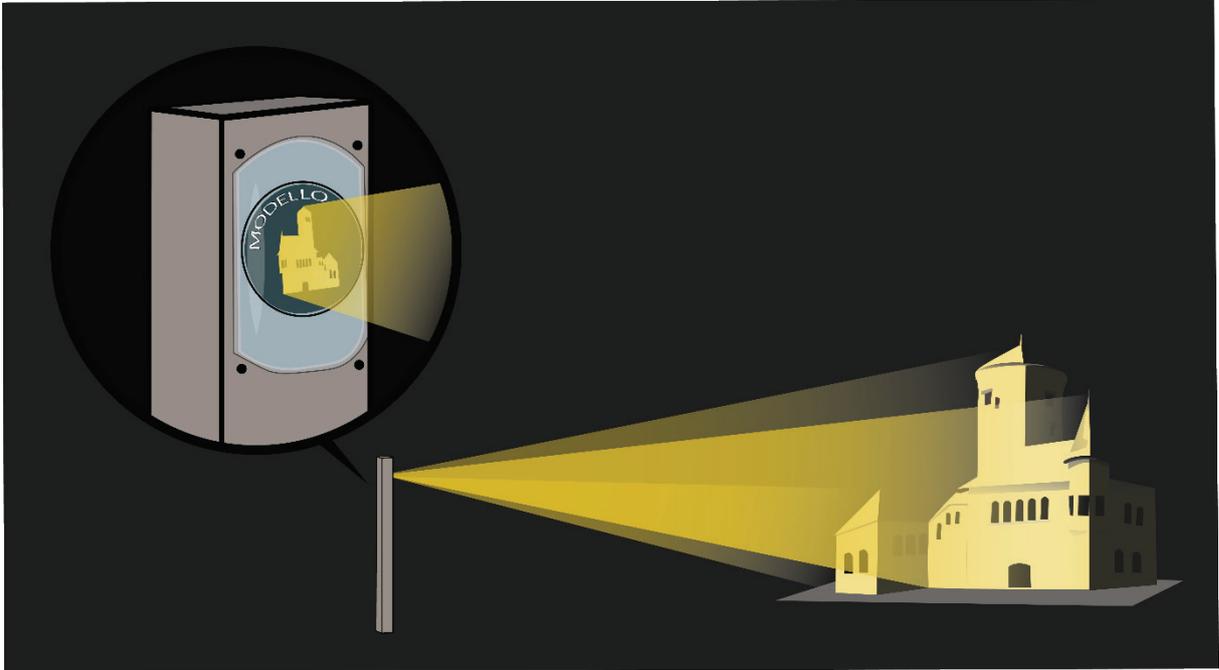


Figura 22: Con il sistema di proiezione della luce, le facciate possono essere illuminate con grande precisione mediante maschere chiaro-scure che utilizzano l'emissione luminosa del proiettore.

Oltre a un'illuminazione della facciata o dell'oggetto mediante la tecnica gobo, possono essere impiegate anche speciali lampade LED installate in modo discreto sulla facciata. Al fine di ridurre l'illuminazione sulle superfici desiderate, tali lampade LED sono dotate di un'ottica o di un diaframma adatti e orientate in modo mirato. Questa tecnica di illuminazione, anch'essa un sistema multilampada, in Svizzera è già stata impiegata su diversi edifici pubblici.

### A5.7.3 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni causate dall'illuminazione delle facciate di edifici e oggetti pubblici

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [1] Necessità

- L'illuminazione di determinati edifici oppure oggetti pubblici dovrebbe essere integrata in un piano d'illuminazione generale o su vasta scala. In proposito, si pone ad esempio la seguente domanda: l'illuminazione apporta la valorizzazione ottica desiderata? Indicazioni di principio in merito sono disponibili nell'allegato A4.1.
- Vecchie costruzioni, come torri o mura cittadine oppure chiese, sono spesso buoni luoghi di nidificazione e cova per uccelli e altre specie animali. Se s'intende illuminare tali oggetti, si consiglia di chiarire rivolgendosi al competente servizio di protezione della natura se ed eventualmente a quali condizioni è possibile installare un'illuminazione (ad es. nessuna illuminazione durante i periodi di cova, schermature ecc.).
- Negli ambienti sensibili si deve rinunciare all'illuminazione di edifici e oggetti.

**[2] Intensità / tonalità**

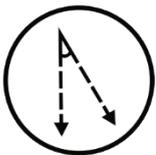
- In ambienti bui o su facciate luminose occorre meno luce per proiettare l'immagine di un edificio o di un oggetto. Quando si determina l'intensità necessaria, si deve pertanto includere l'ambiente circostante. Potrebbe anche essere indicata una riduzione dell'illuminazione esistente per poter meglio valorizzare l'oggetto desiderato.
- Se nell'ambiente circostante sono presenti attori privati che illuminano le loro facciate, si può ad esempio tentare di coinvolgere anche tali attori nel piano generale d'illuminazione tramite progetti di partenariato pubblico-privato (cfr. all. A4.2.2).

**[3] Spettro luminoso / colore della luce**

- Al fine di creare un'atmosfera gradevole per le persone e di ridurre gli effetti negativi sulla natura, in caso di illuminazioni puramente artistiche è consigliabile utilizzare il più possibile una luce bianca calda con una percentuale ridotta di blu.

**[4] Scelta e posizionamento degli apparecchi**

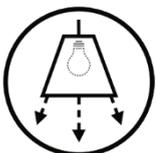
- Se una facciata o un oggetto devono essere illuminati diffusamente, la proiezione della luce o i proiettori LED focalizzati costituiscono attualmente due buone soluzioni per evitare emissioni luminose superflue (cfr. all. A5.7.2).
- L'ubicazione, l'altezza e l'orientamento dei proiettori devono essere scelti con cura, in modo che i fasci luminosi siano il più possibile orizzontali.

**[5] Orientamento**

- Gli edifici e gli oggetti non devono essere illuminati dal basso verso l'alto. Anche quando si usa la tecnica di proiezione, prestare attenzione a non emettere raggi verticali dal basso.

**[6] Gestione del tempo / impostazione**

- Quando le strade sono vuote o sono presenti solo poche persone, l'illuminazione di facciate e oggetti non ha più alcun senso. È pertanto consigliabile regolamentare nei piani di illuminazione o nel permesso di costruzione per l'illuminazione della facciata in questione anche gli orari concreti di esercizio e di spegnimento della relativa illuminazione.
- Si dovrebbe altresì verificare se l'illuminazione debba essere attivata tutte le sere oppure se sia possibile limitarla a singoli giorni della settimana, stagioni o periodi di tempo stabiliti in altro modo. Lo spegnimento temporaneo dell'illuminazione può comportare, oltre a una riduzione delle emissioni luminose e del consumo di energia, anche una maggiore valorizzazione dell'oggetto in questione quando è effettivamente illuminato.

**[7] Schermi**

- Grazie alle maschere di luce impiegate nei proiettori (maschere gobo) è anche possibile evitare aree situate sull'oggetto da illuminare, che devono rimanere buie.

**Esempio pratico: illuminazione della Chiesa del Santo Spirito a Berna con il sistema di proiezione della luce**

Attualmente, in Svizzera sono illuminati con il sistema di proiezione della luce ben oltre un centinaio di oggetti tra i più disparati, quali chiese, castelli, mura e torri cittadine, monumenti storici o edifici moderni. L'esempio della Chiesa del Santo Spirito a Berna, illustrato in questa sede, tratta anche la fase di pianificazione da parte delle autorità e della committente.

In base a una decisione del Consiglio comunale della Città di Berna del 2016, la Chiesa del Santo Spirito nei pressi della stazione centrale è annoverata tra gli oggetti che devono essere illuminati ogni notte

(durata uguale a quella dell'illuminazione stradale). La decisione relativa all'illuminazione ([1] Necessità) e la gestione del tempo ([6]) sono quindi integrate in un piano generale.

Nel 2007 e nel 2008, nell'ambito della riorganizzazione del piazzale della stazione, è stato smantellato l'impianto di proiezione utilizzato a quel momento, composto da 34 proiettori. Nel 2014 il gestore dell'illuminazione pubblica di Berna ha presentato una domanda di costruzione con un nuovo piano d'illuminazione.

Per sviluppare il piano d'illuminazione, la committente aveva precedentemente rilevato l'immagine notturna dell'intero piazzale della stazione e misurato le luminanze presenti sulle facciate intorno al piazzale, fondando la pianificazione della nuova illuminazione basata sulla tecnica di proiezione ([2] Intensità / tonalità).

Tredici proiettori a vapori di alogenuri installati sugli edifici circostanti, sulla Chiesa del Santo Spirito stessa e sui piloni dell'illuminazione stradale ([4] Scelta e collocazione delle luci), illuminano la chiesa con luce bianca calda ([3] Spettro luminoso / colore della luce).

L'impiego di maschere luminose su misura consente di ridurre al minimo l'illuminazione diffusa indesiderata, generare differenze di luminosità su diverse parti della facciata e mettere in evidenza i dettagli ([5] Orientamento). Le luminanze prodotte si situano, a seconda della zona della facciata, tra 0 e 4 cd/m<sup>2</sup>. Per evitare di abbagliare i passanti, il basamento della chiesa non viene volutamente illuminato. La nuova illuminazione valorizza meglio l'immagine della facciata nel complesso, riduce le emissioni luminose indesiderate e consuma circa l'80 per cento in meno di elettricità rispetto a prima.

In questo caso esemplificativo, non solo il piano d'illuminazione, ma anche lo svolgimento del progetto sono stati convincenti. L'autorità preposta al rilascio dei permessi di costruzione ha infatti trasmesso la relativa domanda, tra l'altro, anche all'Ufficio per la protezione dell'ambiente per la valutazione delle emissioni luminose. Anche per quanto riguarda eventuali pregiudizi agli animali (pipistrelli, uccelli), il servizio bernese specializzato in materia di natura ed ecologia ha potuto verificare il piano d'illuminazione e non ha presentato alcuna contestazione. La nuova illuminazione è in funzione da marzo 2016 (cfr. fig. 23).



*Figura 23: Tredici proiettori collocati in sette ubicazioni e installati su tetti antistanti, nonché su piloni dell'illuminazione stradale (immagine a sinistra) illuminano la Chiesa del Santo Spirito davanti alla stazione di Berna (immagine a destra, fonte: ewb). Nei proiettori, utilizzando modelli appositamente realizzati, la luce viene indirizzata con precisione, si producono differenze di luminosità e si evidenziano dettagli come la balaustra del tetto con i vasi e le urne sul lato longitudinale della chiesa.*

#### **A5.7.4 Raccomandazioni per limitare le emissioni luminose dirette generate da edifici pubblici di grandi dimensioni**

Gli edifici pubblici di grandi dimensioni possono generare emissioni luminose dirette, in particolare mediante:

- l'illuminazione interna in presenza di numerose o grandi superfici vetrate;
- elementi delle facciate di grandi dimensioni e luminescenti. Grazie a nuove tecnologie, come ad esempio i LED organici (OLED), è possibile illuminare anche grandi superfici. Ciò viene in parte utilizzato per allestire le facciate come oggetti d'arte.

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



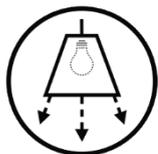
##### **[1] Necessità**

In caso di edifici appartenenti all'ente pubblico, per dare il buon esempio, si deve per quanto possibile rinunciare a facciate luminescenti.



##### **[6] Gestione del tempo / impostazione**

Le emissioni generate dall'illuminazione interna di edifici di grandi dimensioni (come ad es. di edifici adibiti a uffici) possono essere ridotte illuminando solo i locali in cui si lavora effettivamente mediante un comando intelligente per la regolazione della luce che registra le persone presenti. Ciò aiuta inoltre a risparmiare energia.



##### **[7] Schermatura**

In caso di edifici di grandi dimensioni o con ampie superfici vetrate, le emissioni generate dall'illuminazione interna possono essere ridotte mediante tapparelle, imposte o tende coprenti. In inverno, negli edifici di grandi dimensioni le tapparelle sono spesso tenute automaticamente abbassate anche per motivi di risparmio energetico (riduzione dell'irradiazione termico) (cfr. anche l'esempio pratico di cui all'all. A5.9.4).

## A5.8 Pubblicità luminosa

### A5.8.1 In generale

Con pubblicità luminosa s'intendono, ad esempio:

- le insegne luminose, retroilluminate, luminescenti o illuminate per la pubblicità propria dei negozi;
- l'illuminazione delle vetrine;
- le forme più disparate di cassette e cartelloni luminosi per la pubblicità di terzi;
- gli schermi e gli schermi pubblicitari (che possono esporre anche immagini in movimento);
- l'illuminazione di eventi con «skybeamer» o proiettori puntati verso il cielo.

Negli ultimi tempi, l'ulteriore evoluzione tecnologica (in particolare anche il passaggio ai LED) ha permesso luminosità sempre maggiori e anche immagini in movimento. Nell'ambito della pubblicità luminosa possono sorgere conflitti di obiettivi tra la libertà economica, da un lato, e la qualità degli insediamenti e dell'ambiente, nonché il consumo energetico, dall'altro (cfr. all. A2.2).

Per poter adeguare la pubblicità alle caratteristiche del paesaggio e all'aspetto delle strade e degli abitati, molte città e Comuni emanano prescrizioni nei regolamenti sulla pubblicità o di polizia. Ad esempio viene disciplinato:

- quali pubblicità sottostanno all'obbligo di autorizzazione e quali ne sono escluse;
- quale tipo di pubblicità è in linea di massima vietato (nella città di Coira, ad es. skybeamer, insegne luminose a scorrimento, pubblicità luminosa con illuminazione variabile o pubblicità che provocano emissioni luminose eccessive [Consiglio comunale di Coira 2007]);
- in quali zone (ad es. secondo il piano di utilizzazione) sono ammesse quali pubblicità;
- in quali orari le pubblicità luminose devono essere spente (ad es. nel Comune di Köniz le pubblicità luminose devono essere spente tra le 23 e le 6, nonché nei fine settimana e nei giorni festivi, ferma restando la possibilità sia di deroghe sia di limitazioni più severe degli orari di esercizio [Comune di Köniz 2012]).

#### Esempio pratico: divieto di skybeamer

Con «skybeamer» o proiettori puntati verso il cielo si definiscono proiettori di forte intensità installati da discoteche o in occasione di eventi, che emettono luce nel cielo notturno soprattutto a fini pubblicitari, ma senza trasmettere alcun messaggio pubblicitario; il fascio luminoso ha unicamente lo scopo di attirare l'attenzione. Uno skybeamer con una portata di 40 chilometri sfrutta oltre il 10 per cento del cielo notturno svizzero come superficie pubblicitaria gratuita. Oltre a causare un'illuminazione indesiderata del cielo notturno e a pregiudicare l'immagine del paesaggio notturno, gli skybeamer possono mettere in pericolo la sicurezza aerea, distrarre gli utenti della strada oppure spaventare fortemente gli uccelli con i loro forti stimoli luminosi improvvisi: essi deviano dalla propria direzione iniziale, riducono la velocità di volo e cercano di sfuggire verticalmente al fascio luminoso. Solo a partire da una distanza di circa un chilometro l'influsso del fascio luminoso non è più misurabile (UFAM 2012). Gli skybeamer possono perturbare l'aspetto degli abitati, disorientare la popolazione e rendere impossibile l'attività fotografica astronomica. Questi motivi provocano ripetutamente ricorsi da parte della popolazione.

Già nelle raccomandazioni del 2005 l'UFAM ha invitato i Cantoni a rivedere le loro leggi edilizie e ambientali e le decisioni basate sulle stesse, concretizzando tali normative in modo che, ai fini della protezione delle specie, dei biotopi o del paesaggio, l'esercizio di impianti rivolti verso il cielo che non adempiono funzioni di sicurezza o di illuminazione di costruzioni (skybeamer, proiettori laser, proiettori pubblicitari o fonti di luce artificiale simili) sia vietato oppure, se ciò non fosse possibile, limitato nella misura massima consentita al loro titolare dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche.

Molti Comuni vietano l'impiego di skybeamer nei loro regolamenti sulla pubblicità (ad es. Burgdorf, Coira o Köniz) o in quelli di polizia (ad es. Reinach, Ormalingen). Tali divieti si trovano anche a livello

cantonale, ad esempio nelle leggi cantonali di applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente (ad es. nei Cantoni di Argovia e Zugo) o nelle leggi cantonali sull'energia (ad es. nel Cantone di Berna).

### Esempio pratico: regolamento sull'illuminazione artificiale della Città di Lucerna

Nell'ambito dell'elaborazione del suo piano d'illuminazione, la Città di Lucerna ha emanato un regolamento sull'illuminazione artificiale che limita anche l'intensità delle illuminazioni delle vetrine, delle pubblicità luminose e di quelle collocate sui tetti (Città di Lucerna 2008). In base a tale regolamento, la luminanza media di pubblicità luminose e collocate sui tetti non deve superare il valore di 110 cd/m<sup>2</sup> e sono vietate le illuminazioni dinamiche come le luci in sequenza.

Per le vetrine si prescrive che, con la loro illuminazione, sul marciapiede davanti alla vetrina non si deve superare un illuminamento orizzontale medio di 50–70 lux, al fine di garantire un rapporto adeguato tra le intensità luminose all'interno della vetrina e quelle nello spazio stradale adiacente. Oltre a queste prescrizioni quantitative, la città fornisce anche raccomandazioni qualitative per limitare le emissioni generate dall'illuminazione delle vetrine (Città di Lucerna 2010b):

- il numero di lampade, le intensità luminose e gli orari di esercizio devono essere limitati a quanto necessario dal punto di vista creativo e funzionale. Secondo studi e analisi del commercio al dettaglio, vetrine troppo luminose, abbagliamenti e illuminazioni irregolari si ripercuotono negativamente sul comportamento di consumo;
- l'illuminazione delle vetrine deve essere orientata verso l'interno. Non sono ammessi sistemi di illuminazione rivolti direttamente verso l'esterno, né proiezioni di testi e immagini dalla vetrina verso lo spazio esterno;
- con schermature delle luci e l'utilizzo di lampade poco abbaglianti, si possono evitare intensità luminose troppo elevate nell'area stradale e abbagliamenti diretti dei passanti. Non sono ammesse lampadine nude (cfr. fig. 24).



Figura 24: Prescrizioni e raccomandazioni per l'illuminazione delle vetrine a Lucerna (fonte: Città di Lucerna 2010b).

### A5.8.2 Raccomandazioni per la limitazione delle emissioni generate dalle pubblicità luminose

Le raccomandazioni che seguono servono a limitare le emissioni derivanti dalle pubblicità luminose, tra cui si annoverano, in particolare:

- le insegne luminose, retroilluminate, luminescenti o illuminate;
- le cassette e i cartelloni pubblicitari luminosi;
- gli schermi e gli schermi pubblicitari, compresi quelli di grandi dimensioni che si trovano nelle vetrine<sup>21</sup>.

Le raccomandazioni e i valori indicativi non si applicano invece per:

- cartelli stradali luminosi o illuminati, segnaletica stradale e pubblicità nell'area stradale (pubblicità stradali). Nell'ottica della sicurezza stradale, devono essere soddisfatte le prescrizioni legali, in particolare gli articoli 96 e seguenti dell'ordinanza sulla segnaletica stradale (*OSStr*);
- illuminazione delle vetrine.

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [1] Necessità

Dove sono consentite quali pubblicità luminose, quali sono vietate e quali necessitano di un'autorizzazione, può essere stabilito in modo giuridicamente vincolante nei regolamenti edilizi e nei piani delle zone, nei regolamenti sulla pubblicità o di polizia.



#### [2] Intensità / tonalità

- In linea di massima, una pubblicità luminosa deve essere illuminata solo nella misura necessaria per la sua funzione. In ambienti bui è necessaria una luce meno intensa per trasmettere il messaggio desiderato.
- Adeguamento alla luminosità dell'ambiente: le pubblicità luminose moderne possono essere dotate di sensori e varialuce che permettono di adeguare manualmente o automaticamente la loro intensità alla luminosità dell'ambiente. In tal modo, la pubblicità rimane perfettamente leggibile, evitando al contempo abbagliamenti nell'ambiente circostante e risparmiando energia.
- I valori indicativi della tabella 19 possono servire da punto di riferimento per la valutazione e la limitazione delle emissioni luminose delle pubblicità luminose. Questi valori indicativi derivano da raccomandazioni già applicate in singole città e Comuni<sup>22</sup>.

<sup>21</sup> Nella decisione *1C\_12/2007* dell'8 gennaio 2008, il Tribunale federale ha stabilito che gli schermi piatti di grandi dimensioni collocati nelle vetrine non devono essere considerati un'illuminazione interna, ma esterna. In proposito, esso ha indicato che l'illuminazione di una vetrina è di principio un'illuminazione interna. Anche l'esposizione di piccoli schermi o di altri oggetti luminosi in una vetrina, come delle lampade, provoca di regola solo un aumento puntuale delle emissioni luminose. Per contro, l'installazione di grandi pubblicità luminose in una vetrina comporta un notevole aumento delle immissioni luminose nell'ambiente circostante. Questi apparecchi o i messaggi pubblicitari da essi trasmessi vogliono raggiungere direttamente un pubblico che si trova o passa molto lontano dall'edificio. La luce emessa in questo contesto deve quindi necessariamente essere percepibile in un ambiente distante. Ne consegue che, in tal caso, l'apertura della facciata corrispondente alla vetrina viene utilizzata per dotare l'edificio di un'illuminazione esterna. Gli schermi di grandi dimensioni non solo generano diffusamente emissioni luminose dall'apertura della facciata, ma le immagini possono anche essere modificate rapidamente, di modo che l'illuminazione esterna dell'edificio ottenuta con gli schermi appare irregolare o instabile. In questi casi, può sussistere una violazione del principio della limitazione preventiva delle emissioni (art. 11 cpv. 2 LPAmb) o possono addirittura essere provocate immissioni dannose o moleste.

<sup>22</sup> In alcune città svizzere o anche estere esistono già valori indicativi di cui le autorità si avvalgono per valutare le pubblicità luminose (cfr. EBP 2016). I valori qui proposti nelle zone periferiche 3 e 4 sono stati ripresi dalla città di Zurigo. Anche la città di Berlino raccomanda valori indicativi più o meno severi a seconda della zona periferica e limita la luminanza massima ammessa a 500 candela per metro quadro (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2014). I valori indicativi per le zone periferiche 1 e 2 si basano sulle prescrizioni dell'ÖNORM O 1052 e del Comune di Balzers (FL), che limita la luminanza massima degli impianti pubblicitari illuminati a 40 candela per metro quadro (Comune di Balzers 2013).

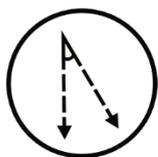
**Tabella 19: Valori indicativi per la valutazione delle emissioni di pubblicità luminose in base alla zona periferica**

Zona periferica	Luminanza massima in cd/m <sup>2</sup>
E0, completamente buio: Dark Sky Park, ambienti naturali meritevoli di protezione, parchi nazionali ecc.	-
E1, buio: zone rurali relativamente disabitate	40 cd/m <sup>2</sup>
E2, luminosità scarsa dell'area: zone scarsamente popolate, zone puramente residenziali ecc.	100 cd/m <sup>2</sup>
E3, luminosità media dell'area: insediamenti rurali e urbani ben popolati	300 cd/m <sup>2</sup>
E4, luminosità elevata dell'area: centri urbani e d'affari	500 cd/m <sup>2</sup>



### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- In caso di pubblicità acromatica (nero, grigio, bianco) si deve usare un colore della luce bianco caldo.



### [5] Orientamento

- In linea di massima, insegne e cartelloni illuminati devono essere illuminati dall'alto verso il basso.



### [6] Gestione del tempo / impostazione

- È consigliabile disciplinare nei relativi regolamenti e nelle autorizzazioni anche gli orari di esercizio e di spegnimento. Se per strada non ci sono più o solo poche persone, la pubblicità non ha più alcun senso. Nelle città più grandi questa situazione si verifica dopo la mezzanotte, mentre in altre località può essere opportuno uno spegnimento già alle ore 23 e nelle zone residenziali alle ore 22 o 20. Nei luoghi naturalmente bui, le pubblicità luminescenti devono essere completamente spente tra le ore 22 e le ore 6.

### Indicazioni per la misurazione e la valutazione

- I valori indicativi della tabella 19 si riferiscono al punto più luminoso della pubblicità luminosa; non è previsto un calcolo della media sulla superficie della stessa.
- Le luci colorate e in movimento possono costituire un potenziale particolarmente elevato di molestia per l'uomo (all. A1.1.4). Nella tabella 6 del capitolo 5.2 si trovano fattori di supplemento utilizzati per valutare l'illuminazione di spazi abitativi mediante luce colorata (fattore 2) o luce mobile (a seconda della durata del periodo e della frequenza si tratta di fattori compresi tra 1,5 e 5). La città di Berlino applica questi fattori di supplemento anche alla valutazione delle pubblicità luminose (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2014). Analogamente, si propone di moltiplicare per i fattori di supplemento della tabella 6 la luminanza massima rilevata di pubblicità luminose che presentano una luce fortemente colorata o luci o immagini in movimento. Il relativo valore ottenuto è considerato un valore di valutazione e deve rispettare i valori indicativi della tabella 19.
- La luminanza delle pubblicità luminose può essere misurata con apparecchi o telecamere per la misurazione della luminanza.

- Gli apparecchi e le telecamere devono soddisfare almeno i requisiti della classe B secondo la norma DIN 5032, parte 7, con un errore complessivo inferiore al 15 per cento.
- Le misurazioni devono essere effettuate con l'oscurità notturna e in condizioni meteorologiche di tempo asciutto. In caso di pioggia, neve o nebbia si deve rinunciare a effettuarle poiché in queste condizioni i risultati di misurazione sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche e non possono essere replicati.
- Le temperature esterne possono influenzare il rendimento delle pubblicità luminose. Le lampade LED hanno un tempo di raffreddamento breve, in inverno sono pertanto possibili luminanze più elevate rispetto all'estate. Per le lampade fluorescenti, la situazione è esattamente inversa: a basse temperature tali lampade non mostrano il loro massimo rendimento.
- Si deve misurare direttamente davanti alla pubblicità luminosa in questione, possibilmente alla stessa altezza.
- Durante la misurazione si deve prestare attenzione a puntare e orientare con precisione l'apparecchio di misurazione.

### **Digressione: nessun pregiudizio alla sicurezza stradale a causa delle pubblicità**

Secondo la legge sulla circolazione stradale (*LCStr; RS 741.01*) sono proibiti la pubblicità e gli altri annunci che potrebbero essere scambiati con segnali o demarcazioni o che potrebbero compromettere la sicurezza della circolazione, in particolare distogliendo l'attenzione degli utenti della strada (art. 6 cpv. 1 *LCStr*). L'ordinanza sulla segnaletica stradale (*OSStr; RS 741.21*) basata sulla *LCStr* disciplina agli articoli da 95 a 100 i requisiti per la pubblicità stradale. Gli articoli da 96 a 98 stabiliscono i casi in cui la pubblicità è vietata e quando è invece ammessa. Secondo l'articolo 100, sono riservate le prescrizioni complementari sulla pubblicità stradale, in particolare le prescrizioni relative alla protezione dei luoghi e del paesaggio.

Le prescrizioni di diritto federale sono in parte concretizzate in atti normativi cantonali o comunali, come le leggi sulle strade o i regolamenti sulla pubblicità. Nella sua direttiva in materia di impianti pubblicitari, ad esempio, il Cantone di Lucerna vieta pubblicità lampeggiante, mobile o con effetti di luce variabili, nonché qualsiasi tipo di schermo (in particolare LED) in prossimità delle strade, per motivi di sicurezza della circolazione, e stabilisce le seguenti ulteriori prescrizioni (*rawi Luzern 2016*):

- l'intensità delle pubblicità luminescenti deve essere adeguata alla luminosità ambientale;
- la luminanza massima dell'impianto può essere stabilita in funzione della situazione nell'ambito della procedura di autorizzazione, ma non può superare un valore di 500 cd/m<sup>2</sup>;
- nei luoghi naturalmente bui, le pubblicità luminescenti devono essere completamente spente tra le ore 22 e le ore 6.

Altri Cantoni attribuiscono un'importanza ancora maggiore alla sicurezza stradale e vietano in linea di principio le pubblicità luminose nell'ambiente stradale.

## A5.9 Edifici e impianti privati, illuminazioni natalizie

### A5.9.1 In generale

Le emissioni luminose di edifici e impianti privati provengono, da un lato, da *illuminazioni esterne funzionali* (ad es. nelle vie di accesso e nei piazzali antistanti) o da illuminazioni impiegate per motivi di sicurezza (come per impedire effrazioni, cfr. all. A5.9.5).

Dall'altro, provengono da illuminazioni ornamentali nei giardini (come illuminazioni di facciate e di oggetti, luci ornamentali libere ecc.) o da *illuminazioni natalizie* installate sulle abitazioni o nei giardini. Con l'evoluzione verso i LED, negli ultimi anni la domanda e l'offerta di tali illuminazioni ornamentali e natalizie sono aumentate notevolmente. Oltre alle illuminazioni nelle più svariate forme e colori, nel frattempo sul mercato si trovano anche proiettori LED e laser che proiettano effetti di luce e immagini mobili sulle pareti delle abitazioni o sugli alberi.

Infine, in caso di edifici di grandi dimensioni (ad es. grattacieli) o di edifici con grandi superfici vetrate o vani scala vetrati, anche l'*illuminazione interna* può generare emissioni significative all'esterno, se le finestre non sono schermate con tapparelle o imposte.

Tali emissioni luminose provenienti da edifici e impianti privati rientrano nel campo d'applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb). Di conseguenza, tali edifici e impianti devono rispettare il principio della limitazione preventiva delle emissioni (1° livello LPAmb) e non devono provocare effetti dannosi o molesti nel vicinato (2° livello LPAmb, cfr. all. A3.2.1). Oltre al diritto pubblico, anche il diritto civile prescrive che, usando del diritto di proprietà, ognuno è obbligato «di astenersi da ogni eccesso pregiudizievole alla proprietà del vicino» (art. 684 CC, cfr. all. A3.2.5).

Viceversa, l'interesse a decorare con l'illuminazione gli impianti esterni di immobili privati (illuminazione ornamentale) rientra in linea di massima nell'ambito di protezione della garanzia della proprietà ed eventualmente di altri diritti fondamentali, quali la libertà personale o la libertà artistica. I diritti fondamentali possono essere limitati soltanto se per tale limitazione esiste una base legale, la stessa è nell'interesse pubblico o serve alla protezione di diritti fondamentali di terzi ed è proporzionata.

Il Tribunale federale si è occupato in modo approfondito di questo conflitto tra l'interesse pubblico a evitare emissioni luminose e l'interesse privato all'impiego dell'illuminazione in una decisione di principio concernente un'illuminazione ornamentale natalizia in funzione tutto l'anno.



Figura 25: Le illuminazioni natalizie sono apprezzate da molte persone in quanto tradizione festiva. Tuttavia, a causa dell'evoluzione tecnologica, negli ultimi anni la varietà e la diffusione di tali illuminazioni sono notevolmente aumentate. L'impiego eccessivo delle illuminazioni natalizie può contribuire al lento processo di crescita dell'inquinamento luminoso o anche provocare disturbi nel vicinato.

## **A5.9.2 Decisioni del Tribunale federale in materia di illuminazioni natalizie e ornamentali**

### **A5.9.2.1 Decisione di principio concernente un'illuminazione ornamentale natalizia in funzione tutto l'anno (DTF 140 II 33)**

I vicini si sentivano molestati dalla luce proveniente dall'illuminazione natalizia di un immobile privato in un quartiere residenziale di Möhlin (AG). L'illuminazione natalizia superava chiaramente la misura consueta e veniva mantenuta in forma leggermente ridotta anche come illuminazione ornamentale del giardino durante tutto l'anno.

Per quanto riguarda l'illuminazione natalizia controversa, il Tribunale federale è giunto alla conclusione che in tal caso non fossero generate immissioni dannose o moleste ai sensi della LPAmb (2° livello), che avrebbero richiesto un inasprimento delle limitazioni delle emissioni. Ciononostante, ha ritenuto che le emissioni dovessero essere limitate nell'ambito della prevenzione (1° livello), fermo restando che non potevano essere pretese misure sproporzionate. Nell'ambito dell'esame della proporzionalità, il Tribunale federale ha ponderato l'interesse pubblico a evitare le emissioni luminose con l'interesse privato dei proprietari dell'illuminazione ornamentale, in quanto decorare gli impianti esterni con l'illuminazione rientra in linea di massima nell'ambito di protezione della garanzia della proprietà.

Considerato il silente aumento dell'inquinamento ambientale dovuto alle immissioni luminose e l'attuale mancanza di conoscenze per quantificare gli effetti negativi della luce artificiale sulla flora e sulla fauna, nel caso concreto il Tribunale federale ha giudicato che l'interesse pubblico è superiore a quello privato dei proprietari dell'illuminazione. A suo parere, la limitazione della garanzia della proprietà è in tal caso molto limitata poiché nonostante i proprietari siano tenuti a spegnere l'illuminazione in determinati orari, per il resto non sono però imposti loro oneri concernenti la portata, l'intensità, il tipo e la collocazione dell'illuminazione ornamentale.

Nel caso di Möhlin (AG), il Tribunale federale ha ordinato lo spegnimento dell'illuminazione ornamentale in funzione durante l'anno dalle ore 22 alle ore 6, mentre l'illuminazione natalizia, che molte persone non percepiscono come molesta, ma come una tradizione festiva, può restare accesa più a lungo durante il consueto periodo dell'Avvento e natalizio (1<sup>a</sup> domenica di Avvento e sino al 6 gennaio), ossia fino all'una del mattino.

### **A5.9.2.2 Conoscenze tratte da due decisioni del Tribunale federale per la gestione da parte dell'autorità competente di illuminazioni private natalizie e ornamentali**

Oltre alle conclusioni e alle disposizioni riferite al caso concreto, dalle considerazioni del Tribunale federale nella decisione di principio *DTF 140 II 33* si possono anche trarre conoscenze generali sulle modalità di gestione di emissioni luminose provenienti da illuminazioni private ornamentali e natalizie da parte delle autorità competenti. Nelle sue considerazioni, il Tribunale federale ha anche fatto riferimento a una decisione del 2007 concernente un'illuminazione natalizia presso una casa privata a Uitikon (ZH) (*1A.202/2006* del 10 settembre 2007). Le conclusioni possono essere riassunte come segue:

- decorare con l'illuminazione impianti esterni privati (illuminazione ornamentale) rientra in linea di massima nell'ambito della protezione della garanzia della proprietà. Di regola, l'intensità di queste illuminazioni non è tale da dover temere una violazione delle disposizioni sulle immissioni;
- un'illuminazione decorativa di dimensioni eccezionali e particolarmente luminosa potrebbe per contro violare il principio della limitazione preventiva delle emissioni secondo la LPAmb o addirittura causare immissioni dannose o moleste ai sensi della stessa;
- tuttavia, sulla base delle disposizioni federali in materia di pianificazione del territorio, non sussiste la necessità di un controllo preventivo *preliminare* da parte dell'autorità, né per le illuminazioni natalizie e ornamentali usuali, né per quelle molto grandi e luminose, poiché, secondo la giurisprudenza del Tribunale federale, tali illuminazioni non costituiscono edifici o impianti soggetti ad autorizzazione ai sensi dell'articolo 22 capoverso 1 della legge sulla pianificazione del territorio (*LPT; RS 700*);
- in caso di contestazioni concrete occorrerà tuttavia procedere a una verifica di polizia edilizia;

- le autorità (cantionali o comunali) competenti possono anche effettuare controlli d'ufficio e, se necessario, disporre limitazioni;
- qualora siano disposte limitazioni preventive delle emissioni conformemente all'articolo 11 capoverso 2 LPAmb, deve essere rispettata anche la proporzionalità della misura;
- nel caso di Möhlin (AG), il Tribunale federale ha ordinato le relative misure per un'illuminazione natalizia e ornamentale in funzione tutto l'anno che superava chiaramente la misura consueta. In questo caso, ha giudicato che l'interesse pubblico a evitare le emissioni luminose fosse superiore agli interessi privati dei proprietari dell'illuminazione;
- in caso di illuminazioni che non superano la misura consueta, per motivi di proporzionalità è praticamente impossibile disporre misure preventive in virtù dell'articolo 11 capoverso 2 LPAmb;
- dal principio di prevenzione sancito nella LPAmb deriva l'obbligo di evitare immissioni luminose superflue nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche;
- di conseguenza, analogamente a quanto avviene per la protezione contro l'inquinamento fonico, in caso di illuminazione non rilevante per la sicurezza si deve cercare di rispettare un periodo di riposo notturno o una «finestra di buio» tra le ore 22 e le ore 6.

### **A5.9.3 Raccomandazioni alle autorità per la gestione delle illuminazioni di edifici e impianti privati**

- Il diritto edilizio varia a seconda del Cantone e del Comune. Di conseguenza, i tipi di impianti d'illuminazione soggetti ad autorizzazione e quelli esenti non sono disciplinati ovunque in modo uniforme. Se un'illuminazione esterna privata necessita di un permesso di costruzione secondo il diritto cantonale o comunale, nell'ambito della procedura di autorizzazione si deve anche verificare se l'impianto di illuminazione è in grado di rispettare i requisiti del diritto ambientale (cfr. cap. 4).
- In caso di contestazioni concrete, anche per gli impianti che non sottostanno all'obbligo di autorizzazione, l'autorità competente deve chiarire se la fattispecie segnalata è rilevante dal punto di vista del diritto ambientale e si debba quindi verificare la necessità di disporre misure di diritto amministrativo come, ad esempio, limitazioni preventive delle emissioni. Il modo in cui si può procedere in questo contesto è illustrato nel capitolo 7.
- Se un'illuminazione esterna privata supera la misura consueta e ha il potenziale di causare immissioni dannose o moleste, l'autorità competente può ordinare provvedimenti di riduzione sulla base della LPAmb.
- In caso di illuminazioni che non superano la misura consueta, per motivi di proporzionalità è per contro praticamente impossibile disporre dei provvedimenti. In questi casi, l'autorità può esercitare un influsso solo limitato e deve eventualmente cercare, tramite l'informazione e la sensibilizzazione, di indurre il proprietario dell'illuminazione a ridurre volontariamente le emissioni.
- Se il Comune dispone di un piano d'illuminazione giuridicamente vincolante (ad es. Plan Lumière, masterplan ecc.) o di un altro strumento giuridico appropriato (ad es. regolamento edilizio e piano di utilizzazione ecc.), determinati principi per l'illuminazione in ambito privato (ad es. spegnimento delle illuminazioni ornamentali dopo le ore 22) possono anche essere sanciti in tale ambito.

### A5.9.4 Misure per limitare le emissioni causate dall'illuminazione di edifici e impianti privati

La numerazione delle seguenti misure si riferisce al piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose illustrato nella figura 2 del capitolo 3.



#### [1] Necessità

- Oltre alle illuminazioni esterne che svolgono una funzione (ad es. sulle vie d'accesso, nei piazzali antistanti), esistono anche illuminazioni impiegate soprattutto per motivi estetici. Tali illuminazioni rientrano in linea di massima nell'ambito della protezione della garanzia della proprietà e non possono pertanto essere vietate, dovrebbero tuttavia essere impiegate in misura adeguata, in particolare per quanto riguarda il loro tipo, numero, intensità e durata di attivazione.



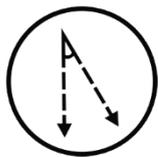
#### [2] Intensità / tonalità

- Anche l'intensità dell'illuminazione esterna privata deve essere proporzionata e si deve tenere conto della luminosità dell'ambiente: più l'ambiente circostante è buio, minore è la luce necessaria per potere vedere.



#### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- Ciò che fa felice qualcuno, scontenta qualcun altro: le illuminazioni ornamentali sono offerte nelle forme e nei colori più disparati e ora anche con luci mobili e lampeggianti. È risaputo che le luci colorate e lampeggianti presentano un potenziale di molestia particolarmente elevato (cfr. all. A1.1.4): si dovrebbe quindi rinunciare a tali luci anche per l'illuminazione privata.



#### [5] Orientamento

- In linea di massima, orientare l'illuminazione esterna dall'alto verso il basso.
- Orientare l'illuminazione di entrate di abitazioni o garage e l'illuminazione per motivi di sicurezza (ad es. fari) verso l'edificio e non nell'ambiente circostante.

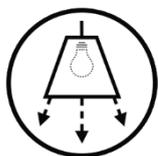


#### [6] Gestione del tempo / impostazione

- In linea di massima, le illuminazioni ornamentali devono essere spente durante il periodo di riposo notturno tra le ore 22 e le ore 6. Lo spegnimento in questa fascia oraria può avvenire automaticamente, ad esempio, mediante l'impiego di temporizzatori.

In caso di permanenza effettiva negli spazi esterni, è consentito accendere un'illuminazione adeguata e lasciare attivate anche le illuminazioni ornamentali dopo le ore 22.

- In linea di massima, le illuminazioni natalizie devono essere limitate al periodo compreso tra la prima domenica di Avvento e l'Epifania (6 gennaio), durante questo periodo possono tuttavia restare accese anche oltre le ore 22.
- Sensori di movimento negli spazi esterni:  
sensori di movimento correttamente regolati consentono di attivare le illuminazioni esterne (funzionali) quando, e solo quando, sono necessarie.
- Sensori di movimento negli spazi interni:  
le emissioni generate dall'illuminazione interna di edifici di grandi dimensioni (come ad es. di quelli adibiti a uffici) possono essere ridotte illuminando solo i locali in cui si lavora effettivamente mediante un comando intelligente per la regolazione della luce che registra le persone presenti. Ciò aiuta inoltre a risparmiare energia.



#### [7] Schermi

- In caso di edifici di grandi dimensioni o con ampie superfici vetrate, le emissioni generate dall'illuminazione interna possono essere ridotte mediante tapparelle, imposte o tende coprenti. In inverno, negli edifici di grandi dimensioni le tapparelle sono spesso tenute automaticamente abbassate anche per motivi di risparmio energetico (riduzione dell'irradiazione termico).

### Esempio pratico: chiusura automatica delle tapparelle durante la migrazione degli uccelli

In Svizzera, una rotta principale del volo degli uccelli migratori in primavera (da marzo a maggio) verso nord e in autunno (da agosto a novembre) verso sud passa sopra Lucerna, lungo il margine della catena alpina, attraverso l'Altipiano e fino al lago Lemano. Nei periodi di migrazione, su questa rotta volano fino a 1000 uccelli all'ora per chilometro. Due terzi degli uccelli migratori si spostano di notte. Nel 2012, in mezzo a questa rotta, nel quartiere dell'Allmend di Lucerna, sono stati costruiti due grattacieli di 77 e 88 metri di altezza ospitanti un totale di 283 appartamenti. Se, di giorno, le facciate riflettenti in vetro e metallo sono la causa di morte degli uccelli, di notte, lo possono essere gli edifici illuminati e le loro illuminazioni interne: in caso di nebbia o in condizioni meteorologiche sfavorevoli, gli uccelli vengono confusi e distratti dalle luci e non riconoscono più le abitazioni come ostacoli (cfr. anche l'all. A1.2.2).

Nell'ambito della procedura di autorizzazione edilizia, la committente ha pertanto dovuto coinvolgere gli esperti della Stazione ornitologica di Sempach e dell'ufficio cittadino per la protezione dell'ambiente e indicare misure per limitare il più possibile le collisioni degli uccelli con i due grattacieli. Nel permesso di costruzione è stato quindi ordinato, sotto forma di onere, tra l'altro, che le tapparelle dei 283 appartamenti si abbassassero automaticamente durante la migrazione degli uccelli (Soukup 2012).

### Digressione: proiettori di luce e laser per la proiezione di illuminazioni natalizie e ornamentali

In particolare durante il periodo autunnale e natalizio, si trovano in commercio diversi proiettori che permettono di proiettare stelle e altri effetti luminosi sulle pareti delle abitazioni. I modelli luminosi sono in parte anche mobili e possono cambiare colore. Le fonti di luce sono costituite sia da diodi luminosi (LED) sia da laser.

Tali proiettori di luce sono prodotti a bassa tensione e rientrano nel campo di applicazione dell'ordinanza sui prodotti elettrici a bassa tensione (*OPBT; RS 734.26*). Questa ordinanza stabilisce le norme da rispettare in materia di sicurezza dei prodotti. L'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte (ESTI) verifica il rispetto delle prescrizioni mediante controlli a campione sul mercato.

Se i proiettori di luce rispettano le norme in materia di sicurezza dei prodotti ad essi applicabili, possono essere immessi sul mercato, ma il loro funzionamento non deve provocare effetti dannosi o molesti nel vicinato e non deve compromettere la sicurezza stradale. A causa delle immagini colorate e in movimento, possono costituire un potenziale particolarmente elevato di molestia.

Per quanto attiene agli apparecchi laser, occorre inoltre osservare che solo gli apparecchi delle classi 1 e 2 non sono soggetti all'obbligo di notifica. Questi apparecchi non costituiscono infatti un pericolo per gli occhi o la pelle se utilizzati conformemente alla loro destinazione d'uso. I proiettori della classe laser 3R o superiore rientrano invece nel campo d'applicazione dell'ordinanza sugli stimoli sonori e i raggi laser (*OSLa; RS 814.49*) e il loro impiego deve essere notificato ai Cantoni competenti per l'esecuzione.

In caso di contestazioni concrete, si deve svolgere una verifica di polizia edilizia (di regola effettuata dai Comuni) e chiarire se siano indicate misure di diritto amministrativo, come la disposizione di limitazioni preventive delle emissioni. Può trattarsi, ad esempio, di una limitazione degli orari di esercizio o di una regolazione dell'orientamento in modo che le proiezioni interessino solo la propria facciata e non il cielo o i fondi vicini.

#### **A5.9.5 Impiego massiccio della luce per impedire effrazioni**

La maggior parte delle effrazioni nelle abitazioni private avviene durante il giorno, quando le persone non sono a casa, ma al lavoro, oppure si dedicano ad altre attività (cfr. all. A2.3.3). L'illuminazione riveste pertanto una notevole importanza nella loro prevenzione. Soprattutto in autunno e in inverno i reati di effrazione si concentrano durante il crepuscolo. Diversamente da quanto accade di notte, nelle prime ore della sera i potenziali autori di reati che gironzolano furtivamente intorno alle abitazioni passano inosservati, in quanto in questa fascia oraria ci sono ancora molte persone nelle strade. Essendo però già buio, le loro caratteristiche personali sono difficilmente riconoscibili, mentre per loro è più semplice scoprire se qualcuno si trova in casa a seconda della presenza o meno di luce all'interno. Per impedire effrazioni in concomitanza con il crepuscolo non è tuttavia necessaria un'illuminazione su

vasta scala dello spazio esterno. La luce può invece essere impiegata nel seguente modo (PSC 2014, EBP 2016)<sup>23</sup>:

- *Illuminazione interna con temporizzatore*  
Abitazioni e appartamenti che rimangono completamente bui durante il crepuscolo e la sera, eventualmente anche per più sere consecutive, sono un segnale per gli scassinatori che al momento all'interno non è presente nessuno. Un'illuminazione all'interno dell'abitazione che, ad esempio, si attiva automaticamente e a intervalli irregolari con l'ausilio di temporizzatori, simulando in tal modo la presenza, è una delle misure più efficaci per prevenire le effrazioni.
- *Sensori di movimento negli spazi esterni*  
Anche sensori di movimento che attivano un faro o altre luci esterne non appena qualcuno entra nel fondo sono utili come deterrente per gli scassinatori. La misura è ancora più efficace con l'illuminazione lampeggiante. Al fine di evitare emissioni luminose superflue, si deve prestare attenzione, da un lato, a installare i sensori di movimento nel luogo giusto e a regolarli bene affinché non siano attivati inutilmente, ad esempio da animali, mentre, dall'altro, a orientare l'illuminazione verso la casa e non verso l'ambiente circostante. Un'illuminazione indirizzata altrove rispetto alla casa non è sensata neppure sotto il profilo della sicurezza poiché, a causa dell'abbagliamento, l'autore di un reato non potrà essere assolutamente identificato dall'esterno.
- *Tapparelle, imposte e tende per ridurre la visibilità*  
Grazie all'illuminazione interna, potenziali scassinatori sono in grado di individuare le abitudini di vita serali e mattutine degli occupanti delle abitazioni, in particolare nel caso delle moderne costruzioni con molto vetro. L'utilizzo di tende, imposte e tapparelle riduce la visibilità e l'emissione di luce all'esterno.
- *Evitare un'illuminazione permanente del fondo durante la notte*  
L'illuminazione contribuisce alla prevenzione della criminalità solo se esiste un controllo sociale. Questa condizione non sussiste per le case unifamiliari da cui a seconda della distanza e della vegetazione non è possibile vedere i vicini. In questo contesto, dal punto di vista della sicurezza, si può quindi rinunciare in larga misura o del tutto a un'illuminazione esterna. Tuttavia, anche in situazioni in cui il vicinato sarebbe in linea di massima in grado di vedere, si può rinunciare a un'illuminazione permanente del fondo durante la notte, in quanto in questa fascia oraria non avviene alcun controllo sociale.

<sup>23</sup> Ulteriori informazioni in merito alle misure per prevenire effrazioni sono disponibili sul sito Internet della Prevenzione svizzera della criminalità (PSC): <https://www.skppsc.ch/it/>

## A5.10 Illuminazione nell'ambiente naturale

### A5.10.1 In generale

L'illuminazione artificiale ai margini degli insediamenti o al di fuori degli agglomerati urbani riveste un'importanza particolare, in quanto in questi luoghi la luminosità dell'ambiente è perlopiù bassa e gli spazi vitali di specie animali notturne fotosensibili e di piante possono essere particolarmente colpiti. Tuttavia, anche negli agglomerati urbani possono essere colpite specie animali fotosensibili (ad es. pipistrelli, uccelli migratori, insetti, lucciole).

L'illuminazione di oggetti naturali come le cime delle montagne modifica inoltre l'immagine notturna del paesaggio. Simili illuminazioni sono problematiche, in particolare, all'interno di paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP), di zone palustri d'importanza nazionale, nonché di zone protette e di biotopi degni di protezione. Per la conservazione intatta di un oggetto, la protezione auspicata nell'inventario deve essere pienamente garantita. Nel caso di un'illuminazione mediante proiettori su una vasta area del Pilatus, in una decisione di principio (DTF 123 II 256), il Tribunale federale ha quindi stabilito un regime d'illuminazione stagionale che tiene conto in particolare delle condizioni naturali di luce durante il crepuscolo (cfr. l'esempio pratico seguente).

Gli impianti d'illuminazione fissi destinati a essere realizzati al di fuori della zona edificabile necessitano di un'autorizzazione eccezionale giusta l'articolo 24 della legge sulla pianificazione del territorio (LPT; RS 700), che può essere rilasciata soltanto se l'impianto di illuminazione richiede la relativa ubicazione al di fuori della zona edificabile (prova dell'ubicazione vincolata) e allo stesso non si oppongono altri interessi preponderanti. In questo contesto devono essere soddisfatti anche i requisiti stabiliti dalla legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN; RS 451) per la protezione del paesaggio (art. 3 e 6 LPN), nonché delle specie animali e vegetali e dei loro biotopi (art. 18 e 20 LPN) (cfr. gli all. A3.2.2 e A3.2.3).

Anche fonti di luce in movimento, ad esempio dovute ad attività sportive e ricreative notturne con illuminazione LED nel bosco o nei maneggi all'esterno, possono costituire un potenziale di disturbo, in particolare per gli animali che vivono nei dintorni. Gli organizzatori e gli sportivi dovrebbero essere sensibilizzati in merito a tali questioni e incoraggiati a tenerne conto.

### A5.10.2 Piano in sette punti per la protezione delle specie fotosensibili e dei loro spazi vitali dalle emissioni luminose

Il piano in sette punti per la limitazione delle emissioni luminose descritto al capitolo 3 è applicabile ovunque. Esso contribuisce anche a ridurre gli effetti sulle specie fotosensibili e sui loro spazi vitali. Le misure di base sono di seguito completate con indicazioni specifiche.



#### [1] Necessità

- In linea di massima, si deve rinunciare all'illuminazione nell'ambiente naturale.
- Se tuttavia si ritiene necessaria un'illuminazione nell'ambiente naturale, devono essere rilevati per tempo i conflitti di obiettivi con la protezione del paesaggio e con specie e spazi vitali sensibili, coinvolgendo i servizi specializzati per la natura e il paesaggio, e ridotti al minimo gli effetti delle emissioni luminose. Se si deve partire dal presupposto che la luce artificiale influenza negativamente una popolazione di specie minacciate, l'illuminazione deve essere vietata.
- È utile definire nei piani di utilizzazione una zona cuscinetto per le emissioni luminose intorno alle zone protette e agli spazi vitali sensibili (ad es. le acque). Se un progetto si situa in una zona cuscinetto, nella procedura di autorizzazione si dovrebbero coinvolgere i servizi specializzati in materia di protezione della natura.



#### [2] Intensità / tonalità

- Considerare la luminosità dell'ambiente: in un ambiente piuttosto buio è necessaria una luce meno intensa per ottenere l'illuminazione ricercata.

- Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, non è possibile indicare quantitativamente le intensità luminose al fine di proteggere le specie fotosensibili dalla luce artificiale (ad es. per quanto concerne l'illuminamento in lux). È tuttavia chiaro che i sistemi visivi degli animali notturni, che nel corso dell'evoluzione si sono adattati a livelli di illuminazione molto bassi e che sono pertanto molto sensibili, possono essere disturbati dalla luce artificiale già a basse intensità. Di conseguenza, si deve puntare a limitare il più possibile l'intensità o a rinunciare del tutto a un'illuminazione.



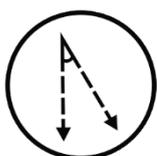
### [3] Spettro luminoso / colore della luce

- Per ridurre gli effetti della luce artificiale sugli animali, la scelta dello spettro luminoso utilizzato riveste un'importanza particolare poiché gli animali vedono luce e colori in modo diverso rispetto all'uomo. Differiscono sia l'area percettibile dello spettro luminoso sia la sensibilità del sistema visivo per diverse lunghezze d'onda. Molti animali notturni, in particolare molti insetti, sono attratti dalla luce con lunghezze d'onda brevi (luce UV e blu). Evitando o limitando le componenti UV e blu, si riduce l'effetto di attrazione. Dal punto di vista della LPAmb e della LPN si dovrebbero pertanto impiegare il più possibile LED con luce bianca calda, e allo stato attuale delle conoscenze quelli con una temperatura di colore inferiore a 2700 K<sup>24</sup>.
- In situazioni particolari, le lampade possono essere anche munite di filtri per limitare le componenti indesiderate dello spettro (ad es. filtri UV).



### [4] Scelta e posizionamento degli apparecchi

- L'illuminazione deve essere progettata in modo da mantenere delle zone e dei corridoi di buio intorno alle infrastrutture illuminate (ad es. nelle cinture verdi), affinché gli spazi vitali degli animali notturni rimangano interconnessi e intatti.
- Per evitare il più possibile che la luce penetri in spazi vitali sensibili come i biotopi d'importanza nazionale e regionale, è possibile prevedere delle zone cuscinetto tra gli impianti d'illuminazione e gli ambienti naturali degni di protezione o gli impianti necessari per il ripristino di funzioni ecologiche (ad es. passaggi faunistici, scale di risalita o passaggi per pesci). Per gli impianti di illuminazione situati in tali zone cuscinetto contro il disturbo possono essere formulati oneri particolarmente severi, al fine di limitare il più possibile emissioni luminose nell'area da proteggere (cfr. l'esempio pratico seguente).
- Le lampade dovrebbero essere ermetiche per impedire l'ingresso di piccoli organismi come insetti o ragni.



### [5] Orientamento

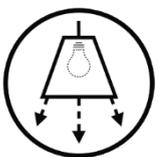
- In linea di massima, illuminare dall'alto verso il basso per evitare emissioni luminose superflue nel cielo notturno.
- Evitare di illuminare i fori di uscita dei rifugi diurni dei pipistrelli poiché altrimenti gli stessi escono più tardi o non escono proprio a cacciare e possono anche abbandonare del tutto un quartiere illuminato. Si dovrebbe inoltre garantire la presenza di corridoi bui tra il quartiere e il territorio di caccia.
- Non si devono illuminare, né direttamente né durevolmente, neppure i luoghi di nidificazione e cova di uccelli e altre specie animali situati in vecchie costruzioni, come torri, mura o chiese (cfr. all. A5.7.3).
- Le acque sono un ambiente in cui vivono molti organismi che possono subire pregiudizi a causa della luce (ad es. pesci, crostacei, anfibi, tricoteri ed efemeroteri, pulci d'acqua, zooplancton e turbellari). Le acque prossime allo stato naturale e le loro rive non devono pertanto essere illuminate direttamente.

<sup>24</sup> La presente raccomandazione si basa su diversi studi (ad es. Longcore et al. 2018, Luginbuhl et al. 2014) e raccomandazioni di altri Paesi (cfr. Francia nell'all. A3.4.3).

## [6] Gestione del tempo / impostazione



- La limitazione dell'illuminazione nell'ambiente naturale non dovrebbe limitarsi alla definizione di determinati orari (non illuminare per tutta la notte), ma prendere in considerazione anche altre misure:
  - non illuminare tutte le sere: stabilire i giorni della settimana o il numero di giorni per settimana in cui l'illuminazione è in funzione (cfr. all. A5.3.3 e l'esempio pratico Pilatus seguente);
  - considerare le condizioni meteorologiche: ad esempio non illuminare in caso di nebbia, nuvole basse o pioggia;
  - considerare la luminosità naturale dell'ambiente: ad esempio attivare l'illuminazione preferibilmente nelle notti luminose (luna piena), rinunciandovi nelle notti buie (luna nuova) (cfr. all. A5.3.3).
- Considerare la stagione: gli effetti dell'illuminazione artificiale sugli animali e sui loro spazi vitali possono variare a seconda della stagione:
  - un disturbo della migrazione degli uccelli è possibile in primavera (da marzo a maggio) e in autunno (da agosto a novembre) in caso di nebbia o di cielo coperto. Le limitazioni dell'illuminazione volte a proteggere gli uccelli migratori sono pertanto indicate in particolare in questi periodi (ad es. chiusura automatica di tapparelle o di altri sistemi di ombreggiamento di edifici di altezza elevata durante la notte, cfr. l'esempio pratico nell'all. ; nessuna illuminazione delle cime delle montagne, cfr. il seguente esempio pratico relativo all'illuminazione del Pilatus);
  - nel periodo compreso tra la primavera e l'autunno per i pipistrelli risulta problematica l'infiltrazione di luce nei fori di uscita dei loro rifugi diurni nei sottotetti e l'illuminazione artificiale dei corridoi di volo situati tra questi rifugi e il loro territorio di caccia. Per contro, i pipistrelli trascorrono il letargo per lo più all'interno di grotte, motivo per cui in questo periodo non sono in linea di massima interessati dalle illuminazioni (Stiftung Fledermausschutz 2015). Si deve rinunciare all'installazione di nuove illuminazioni nelle grotte in cui i pipistrelli trascorrono l'inverno.
- Lunghe strutture di illuminazione lineari, come in particolare l'illuminazione stradale, possono costituire una barriera insuperabile per gli insetti, nonché interrompere i corridoi di volo dei pipistrelli nel loro territorio di caccia. In passato, l'illuminazione stradale era spesso in funzione per tutta la notte. L'attuale tecnologia delle lampade LED, combinata con comandi intelligenti, consente di gestire anche l'illuminazione pubblica ad alta luminosità in funzione dei bisogni, sia in termini di tempo che di intensità (cfr. all. A5.1). Simili sistemi, se progettati e realizzati in modo ottimale, possono dunque contribuire a ridurre l'effetto barriera di strutture di illuminazione estese.



## [7] Schermi

- In corrispondenza di passaggi faunistici che attraversano le infrastrutture di trasporto e nelle loro vicinanze possono essere apposte schermature per evitare che gli animali siano disturbati dai fari delle automobili o dei treni (Sordello 2011).

### Esempio pratico: zona cuscinetto contro i disturbi accanto a una palude

La palude Schachen presso Dietikon, nel Cantone di Zurigo, confina direttamente con una zona densamente popolata ed è attraversata dall'autostrada A1. Rappresenta un esempio di future sfide in materia di pianificazione del territorio poiché, in Svizzera, le superfici disponibili sono sempre più esigue e i potenziali conflitti di utilizzazione si acquiscono di conseguenza. Per tenere in debita considerazione la protezione degli spazi vitali e delle specie, nel 2017 il Cantone di Zurigo ha emanato un'ordinanza per la protezione dell'alveo abbandonato della Limmat a Dietikon, Geroldswil e Oetwil a.d.L. nella quale, oltre a diverse altre aree di protezione, sulla base di una perizia biologica è stata definita anche una zona cuscinetto contro i disturbi per le paludi («Störungspufferzone Flachmoor», zona IIS1, zona di protezione ambientale, cfr. fig. 26).

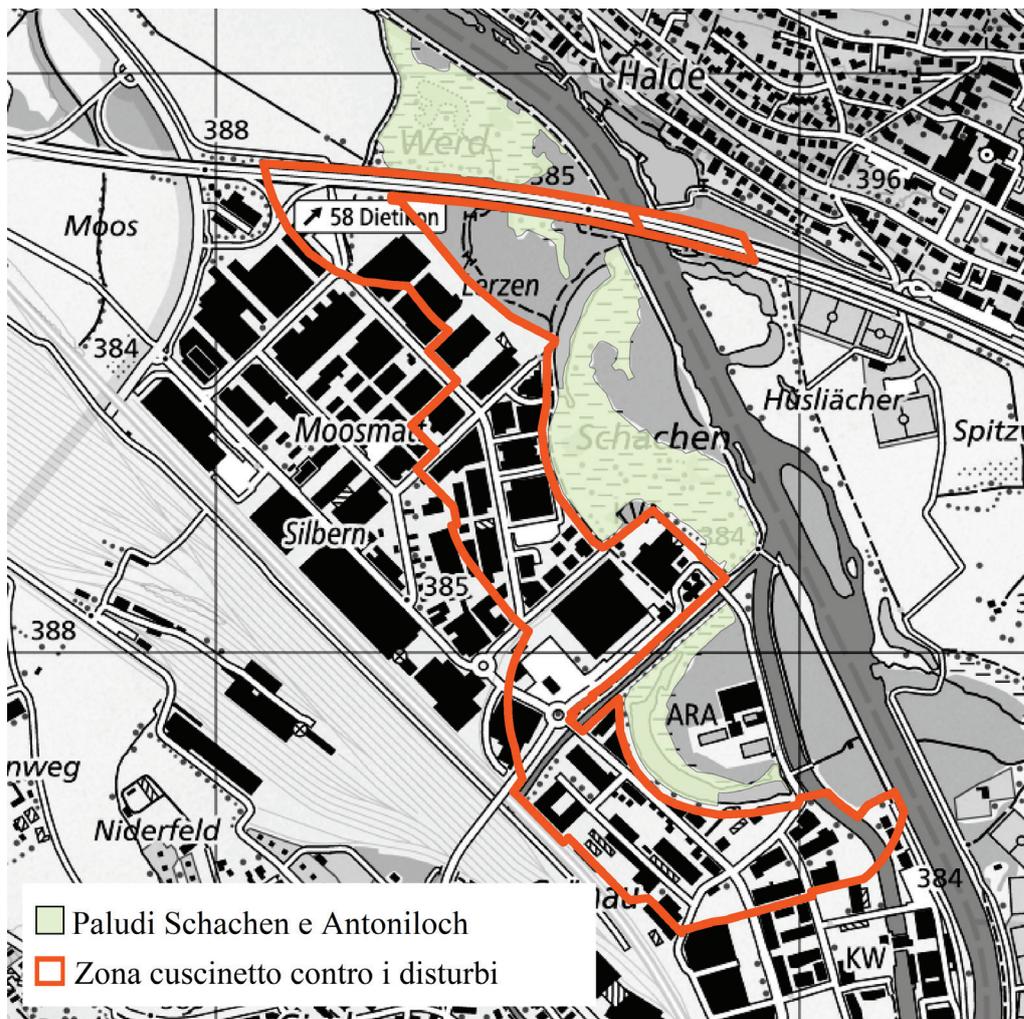


Figura 26: Zona cuscinetto contro i disturbi presso la palude Schachen a Dietikon (ZH)

Questa zona cuscinetto è destinata a proteggere la palude nazionale da immissioni indesiderate e a preservare lo spazio vitale per le specie minacciate nelle zone di passaggio tra l'ambiente intensamente sfruttato e la riserva naturale. Per il Cantone di Zurigo si tratta della prima ordinanza sulla protezione della natura che include anche disposizioni per evitare le emissioni luminose. Per quanto riguarda la zona cuscinetto contro i disturbi, l'ordinanza prevede, tra l'altro, che l'utilizzazione degli spazi sia strutturata in modo che:

- fino a una distanza di 50 metri dal margine della palude, siano impediti, mediante misure adeguate, contatti visivi diretti tra gli spazi esterni utilizzati regolarmente e permanentemente dalle persone e la palude;
- fino a una distanza di 50 metri dal margine della palude, durante la notte, nel periodo da marzo a ottobre, non siano accese all'aperto illuminazioni permanenti visibili dalla palude;
- a una distanza di oltre 50 metri, la quantità e la qualità delle fonti di luce fisse siano ottimizzate, in modo da esercitare un'attrazione minima sulla fauna. Le illuminazioni stradali sono consentite se dotate di protezione contro gli abbagliamenti secondo lo stato della tecnica più recente.

Per la palude si applicano le consuete prescrizioni in materia di protezione.

#### Esempio pratico: decisione di principio del Tribunale federale concernente l'illuminazione del Pilatus (DTF 123 II 256)

Dal 1991 la società che gestisce la ferrovia del Pilatus illumina temporaneamente un'ampia porzione delle due cime del Pilatus, «Esels» e «Oberhaupt», con nove proiettori. Il Patrimonio svizzero ha interposto ricorso contro il permesso di costruzione del Cantone di Nidvaldo portando il procedimento fino al Tribunale federale, in quanto, a causa dell'illuminazione, i contorni delle cime della montagna non

apparivano più nella loro forma originaria, ma brillavano invece come un'apparizione luminosa dall'aspetto artificiale e un po' spettrale (DTF 123 II 256, consid. 6d).

In questo caso, si poneva anche la questione di principio circa la classificazione di questa illuminazione quale impianto soggetto ad autorizzazione ai sensi della LPT. Infatti, i proiettori non sono ancorati al suolo, bensì fissati su basamenti, pareti e funi con viti e possono essere rimossi in tempi brevi. A questo riguardo, il Tribunale federale ha stabilito che l'illuminazione, anche se potrebbe essere rapidamente smantellata, è tuttavia realizzata in maniera permanente. L'illuminazione su una vasta area può temporaneamente modificare lo spazio e, in particolare, le caratteristiche del paesaggio; di conseguenza, riveste un'importanza territoriale essenziale. Il Tribunale federale ha pertanto appoggiato le istanze cantonali che avevano ritenuto i dispositivi d'illuminazione come impianti soggetti ad autorizzazione secondo l'articolo 22 capoverso 1 LPT.

Ritenuto che l'impianto è situato al di fuori di una zona edificabile, era inoltre necessaria un'autorizzazione eccezionale secondo l'articolo 24 capoverso 1 LPT, che può essere rilasciata soltanto se la destinazione dell'impianto richiede un'ubicazione al di fuori della zona edificabile e allo stesso non si oppongono altri interessi preponderanti. Il fatto che i proiettori debbano trovarsi in prossimità delle cime del Pilatus, e quindi al di fuori della zona edificabile, è giustificato da motivi tecnici, ragione per cui il criterio dell'ubicazione vincolata è soddisfatto.

Per valutare se all'impianto di illuminazione si oppongono interessi preponderanti, come quelli della protezione della natura e del paesaggio, è stato considerato anche il fatto che il Pilatus è iscritto nell'inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP). Secondo la LPN, gli oggetti dell'inventario IFP meritano specialmente di essere conservati intatti o in ogni caso di essere salvaguardati per quanto possibile (art. 6 cpv. 1 LPN).

Nel caso del Pilatus, il Tribunale federale è giunto alla conclusione che lo scopo di protezione dell'IFP secondo l'articolo 6 LPN non è pregiudicato in modo significativo se gli orari di esercizio dell'illuminazione sono limitati in modo chiaro. Già l'autorizzazione iniziale del Cantone di Nidvaldo conteneva oneri relativi alla limitazione temporale:

- illuminazione per un massimo di due ore per notte;
- da fine novembre a metà marzo, illuminazione solo il sabato e la domenica, nonché in occasione di eventi straordinari;
- nessuna illuminazione in caso di nebbia o di nubi basse.

Nella sua decisione del 1997, il Tribunale federale ha ordinato ulteriori restrizioni supplementari dell'esercizio:

- anche durante la stagione estiva si deve illuminare al massimo tre sere alla settimana non consecutive;
- accensione dei proiettori solo al termine del crepuscolo e a scaglioni (sull'arco di almeno cinque minuti).

Queste misure garantiscono che lo spettacolo naturale del crepuscolo, e in particolare i cambiamenti di colore delle cime della montagna nel corso dello stesso, non sia pregiudicato e che non si abbia un'illuminazione improvvisa delle cime del Pilatus, dall'effetto molesto, bensì che la stessa segua piuttosto «gradualmente» il crepuscolo.

Infine, il Tribunale federale ha anche constatato che il rilascio dell'autorizzazione per l'illuminazione del Pilatus non ha valore pregiudiziale per l'illuminazione, su grandi aree, di altre cime. Una valorizzazione temporanea della «montagna di casa» lucernese mediante la luce può essere considerata la continuazione di una lunga tradizione storica all'interno del «paesaggio turistico» intorno al lago dei Quattro Cantoni. Il Pilatus e la regione turistica di Lucerna si distinguerebbero in tal modo nettamente da altre montagne caratteristiche situate in altre zone turistiche.

## **A6 Indicazioni sui valori indicativi per la valutazione degli effetti di disturbo sull'uomo**

Al capitolo 5 si trovano valori indicativi per verificare se la luce artificiale che penetra in un alloggio dall'esterno (da fonti di luce nell'ambiente) sia molesta, ossia eccessiva, per l'uomo ai sensi della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb). Vengono valutati l'illuminazione degli spazi abitativi e l'abbagliamento molesto. Di seguito sono riportate ulteriori indicazioni in merito a tali valori indicativi.

### **A6.1 Indicazioni supplementari per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi durante il periodo di riposo notturno (dalle ore 22 alle ore 6)**

#### **A6.1.1 Indicazioni per la valutazione**

- Vengono valutate le immissioni totali sulle superfici vetrate delle abitazioni.
- In questo contesto, l'illuminamento verticale medio sulla superficie vetrata del locale maggiormente colpito dal disturbo viene confrontato con i valori indicativi nella tabella 5.
- I valori in lux misurati e calcolati sono arrotondati alla cifra intera. Il valore indicativo di 0 lux per la zona periferica 1 di cui alla tabella 5 è pertanto considerato rispettato se il valore individuato è inferiore a 0,5 lux.
- Se le immissioni provengono prevalentemente (ossia in misura superiore all'80 %) da un impianto di illuminazione che emette luce colorata o variabile nel tempo, i risultati delle misurazioni o del calcolo dell'illuminamento verticale prima dell'arrotondamento devono essere moltiplicati per i fattori di supplemento secondo la tabella 6. Il relativo valore ottenuto è considerato un valore di valutazione e deve rispettare i valori indicativi della tabella 5. I fattori per la luce colorata e la luce intermittente variabile nel tempo non devono essere cumulati, ma si applica il valore più elevato.

#### **A6.1.2 Indicazioni per la misurazione**

- L'immissione totale dell'illuminamento verticale in una determinata situazione può essere misurata facilmente con l'ausilio di apparecchi di misurazione dell'illuminamento («luxmetro»). Si devono impiegare apparecchi di misurazione calibrati.
- L'apparecchio di misurazione deve essere in grado di misurare un valore di 0,1 lux, ossia la sua risoluzione deve essere pari a 0,01 lux. Inoltre, l'apparecchio deve soddisfare almeno i requisiti della classe B secondo la norma DIN 5032, parte 7, con un errore complessivo inferiore al 10 per cento o corrispondere alla classe CIE 2\* secondo la norma CIE 231:2019.
- Le misurazioni devono essere effettuate con l'oscurità notturna e in condizioni meteorologiche di tempo asciutto. In caso di pioggia, neve o nebbia si deve rinunciare a effettuarle poiché in queste condizioni i risultati di misurazione sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche e non possono essere replicati.
- La misurazione deve essere effettuata con la finestra aperta o all'esterno direttamente davanti al vetro e con l'illuminazione del locale spenta.
- In alternativa, può anche essere misurata all'esterno sulla facciata, all'altezza delle finestre, su una superficie paragonabile a una finestra.
- Durante la misurazione dell'illuminamento verticale, il sensore della testa del fotometro deve essere orientato parallelamente al piano della finestra o alla facciata.
- Per determinare l'illuminamento verticale medio, si devono misurare più punti della griglia distribuiti in modo uniforme (solitamente da 6 a 9) sul piano della finestra. Sui punti della griglia non deve cadere alcuna ombra di riporto (ad es. da una spessa parete domestica o da un parapetto). Il valore di valutazione risulta dalla media aritmetica dei singoli valori.

### **A6.1.3 Indicazioni per il calcolo**

Calcolare anticipatamente l'immissione totale è molto dispendioso poiché tutte le fonti di luce presenti nell'ambiente circostante devono essere modellizzate. Se ritiene necessario stimare l'immissione totale nell'ambito di una procedura di autorizzazione per un impianto di illuminazione, l'autorità può effettuare o far effettuare tale stima anche combinando calcolo e misurazione: a tal fine si deve calcolare l'illuminamento verticale generato dal (singolo) impianto di illuminazione previsto nel luogo di immissione e sommarlo al carico inquinante di partenza già presente, rilevato mediante misurazione.

## **A6.2 Indicazioni supplementari per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi al di fuori del periodo di riposo notturno**

### **A6.2.1 Indicazioni per la valutazione delle prescrizioni normative secondo l'allegato A3.4**

- Vengono valutate le immissioni generate da un singolo impianto sulle superfici delle finestre delle abitazioni.
- I valori in lux misurati e calcolati sono arrotondati alla cifra intera.
- In caso di valutazione in base alla LAI (cfr. all. A3.4.3, tab. 18), in presenza di un impianto di illuminazione che emette luce colorata o variabile nel tempo, i risultati delle misurazioni o del calcolo dell'illuminamento verticale, prima dell'arrotondamento, devono essere moltiplicati per i fattori di supplemento secondo la tabella 6. Il relativo valore ottenuto è considerato un valore di valutazione e deve rispettare le prescrizioni normative della colonna di destra della tabella 18. I fattori per la luce colorata e la luce intermittente variabile nel tempo non devono essere cumulati, ma si applica il valore più elevato (LAI 2012).

### **A6.2.2 Indicazioni per la misurazione**

- Le immissioni generate da un singolo impianto di illuminazione non possono essere misurate direttamente, possono però essere determinate in modo indiretto misurando le immissioni (totali) con l'illuminazione accesa e spenta e in seguito calcolando la differenza tra i risultati delle misurazioni. Un altro metodo consiste nel rilevare, contemporaneamente alla misurazione delle immissioni (totali) dell'illuminamento, anche la luminanza mediante una fotocamera di luminanza e successivamente quantificare il contributo dell'impianto di illuminazione interessato sulla base dell'immagine della luminanza.
- Per il resto si applicano gli stessi requisiti per le misurazioni e per l'apparecchio di misurazione descritti per la valutazione dell'illuminazione di spazi abitativi durante il periodo di riposo notturno (cfr. cap. 5.2.2).

### **A6.2.3 Indicazioni per il calcolo**

Le immissioni causate da un singolo impianto di illuminazione possono essere calcolate in modo relativamente semplice. Nella progettazione si calcola spesso l'illuminamento orizzontale al suolo per verificare il rispetto delle prescrizioni normative relative alla qualità dell'illuminazione. Se una tale situazione è modellizzata nel software, il modello può essere integrato senza eccessivo dispendio da ulteriori piani verticali per il calcolo dell'illuminamento verticale.

## **A6.3 Indicazioni supplementari per la valutazione dell'abbagliamento molesto**

### **A6.3.1 Indicazioni sul livello di abbagliamento $k_S$**

Il livello di abbagliamento  $k_S$  è una misura ausiliaria che confronta tra loro la luminanza media della fonte di luce abbagliante, la sua superficie (espressa come angolo solido) e la luminanza dell'ambiente circostante. A seconda di come si presenta questo rapporto, ossia quale valore numerico  $k$  viene raggiunto, viene percepito come molesto da un numero diverso di persone, come rilevato mediante esperimenti svolti con l'ausilio di volontari (cfr. tab. 20).

Tabella 20: Nesso tra il livello di abbagliamento  $k_s$  e la quota di persone molestate (sulla base di Assmann et al. 1987, Hopkinson 1957, LiTG 2011, Schierz 2009).

Livello di abbagliamento $k_s$	Numero di persone molestate
32	ca. 3 – 10 %
64	ca. 15 – 33 %
96	ca. 30 – 50 %
160	ca. 55 – 70 %

### A6.3.2 Indicazioni per la valutazione

- Si consiglia di determinare i parametri necessari per calcolare il livello di abbagliamento  $k_s$  (luminanza media  $\bar{L}_S$  della fonte di luce abbagliante da valutare, il relativo angolo solido  $\Omega_S$  e la luminanza dell'ambiente circostante  $L_U$ ) con l'ausilio di una fotocamera di luminanza e del relativo software.
- Il rilevamento con la fotocamera di luminanza avviene dal luogo di immissione.
- Con luminanza dell'ambiente circostante s'intende la luminanza media in un campo angolare di  $\pm 10$  gradi intorno alla fonte di luce da valutare (corrispondente a un cono con un angolo di apertura di  $20^\circ$ ). La fonte di luce abbagliante rimane accesa durante il rilevamento poiché può influire sulla luminanza dell'ambiente circostante, ma viene esclusa al momento della valutazione (ad es. mediante mascheramento con l'ausilio del software nell'immagine della luminanza, cfr. fig. 27).
- Con i parametri rilevati si calcola il livello di abbagliamento  $k_s$  secondo l'equazione 1. Tale livello non può superare il valore indicativo della tabella 7, rilevante per la zona periferica in questione.
- Qualora nel campo visivo siano presenti più fonti di luce abbagliante separate, in linea di massima si deve valutare ogni fonte singolarmente.

### A6.3.3 Indicazioni per la misurazione

- Per la valutazione si devono impiegare apparecchi di misurazione calibrati.
- La qualità degli apparecchi di misurazione deve corrispondere alla classe B secondo la norma DIN 5032 o CIE 2\* secondo la norma CIE 231:2019.
- La fotocamera di luminanza deve essere in grado di misurare valori compresi tra 0,01 e  $10^6$  cd/m<sup>2</sup> (in più fasi). La sua risoluzione deve corrispondere all'1 per cento del valore a fondo scala del rispettivo intervallo di misura.
- Per ottenere i risultati delle misurazioni con una bassa incertezza di misura, sono necessari obiettivi con una lunghezza focale adeguata, in grado di riprodurre la fonte di luce abbagliante nitidamente e con una risoluzione pixel più elevata possibile. Per misurare la luminanza dell'ambiente circostante occorre spesso un obiettivo supplementare in grado di rilevare il campo angolare di  $\pm 10$  gradi intorno alla fonte di luce da valutare.
- Le misurazioni devono essere effettuate con l'oscurità notturna e in condizioni meteorologiche di tempo asciutto. In caso di pioggia, neve o nebbia si deve rinunciare a effettuarle poiché in queste condizioni i risultati di misurazione sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche e non possono essere replicati.
- La misurazione deve essere effettuata con la finestra aperta o all'esterno direttamente davanti al vetro e con l'illuminazione del locale spenta.

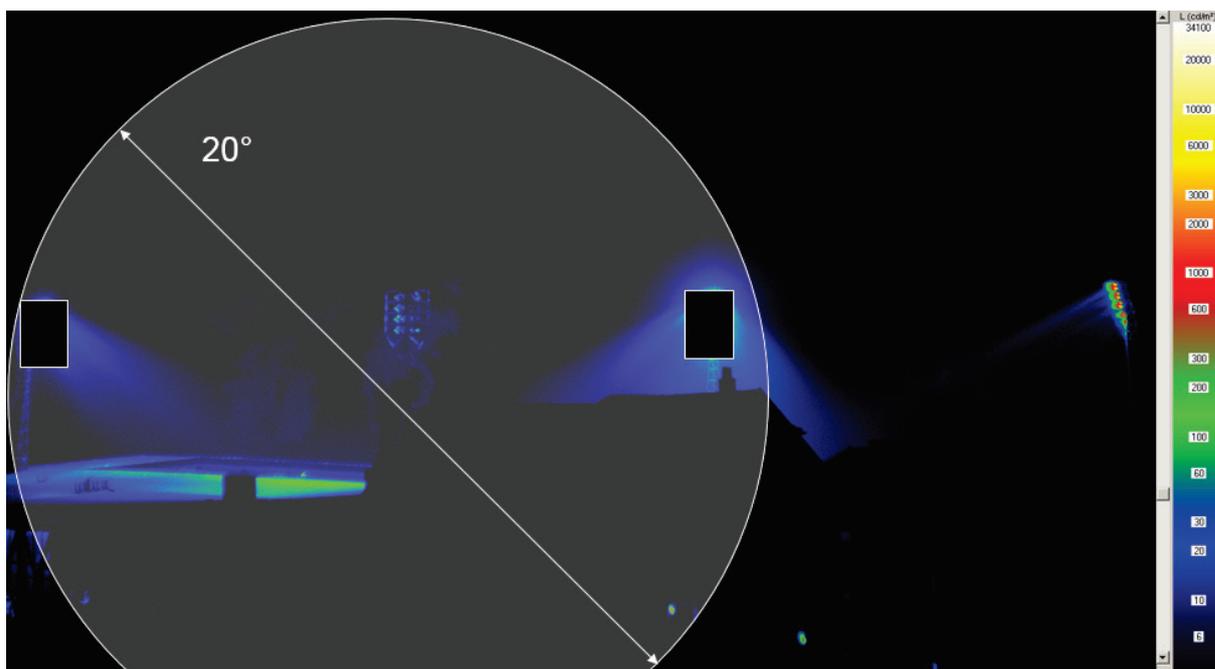


Figura 27: Determinazione della luminanza dell'ambiente circostante, ossia la luminanza media in un campo angolare di  $\pm 10$  gradi intorno alla fonte di luce da valutare. La fonte di luce abbagliante deve rimanere accesa durante il rilevamento poiché può influire sulla luminanza dell'ambiente circostante (ad es. mediante riflessioni nell'atmosfera, al suolo o su superfici vicine), ma viene esclusa per la valutazione (grafico: METAS).

#### A6.3.4 Indicazioni in merito alla previsione

L'abbagliamento molesto può essere previsto calcolando le luminanze della fonte di abbagliamento e dell'ambiente circostante, solo con un dispendio elevato (cfr. cap. 5.3.1). Pertanto, nella pratica, al posto di questo calcolo, al momento della progettazione di singoli impianti viene calcolata l'intensità luminosa (in candela) in direzione del luogo di immissione. Dato che in questo modo non si tiene conto della luminosità dell'ambiente, queste previsioni sono utili solo in misura limitata. Infatti, mentre un impianto con una determinata intensità luminosa non provoca alcuna molestia in ambienti luminosi, in ambienti bui può senz'altro essere fonte di disturbo.

Qualora si debba valutare già in anticipo, ad esempio nell'ambito di una procedura di autorizzazione, se in seguito potranno verificarsi abbagliamenti molesti durante l'esercizio, si deve chiarire, quale punto di partenza approssimativo, se dai luoghi di immissione nei dintorni sarà possibile guardare direttamente i dispositivi di illuminazione. In tal caso, ciò dovrà eventualmente essere impedito il più possibile mediante misure tecniche.

**A7 Glossario**

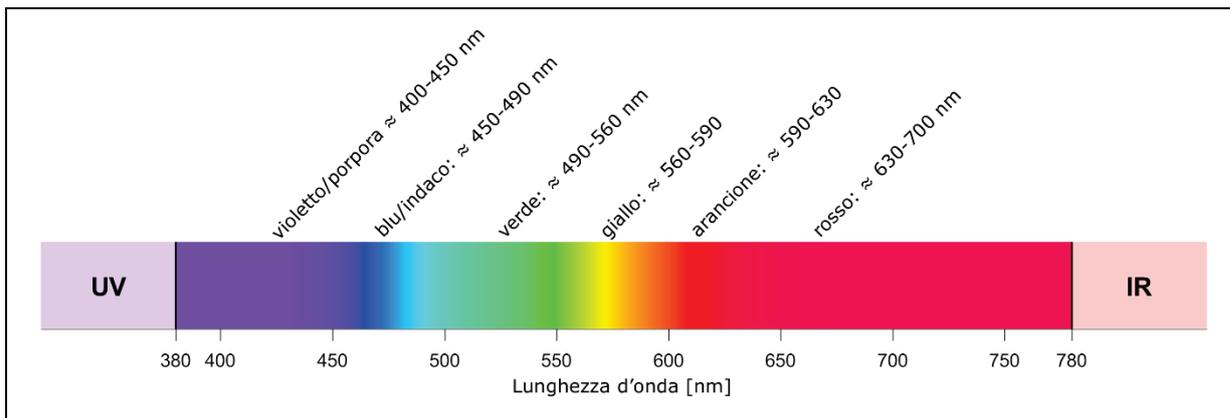
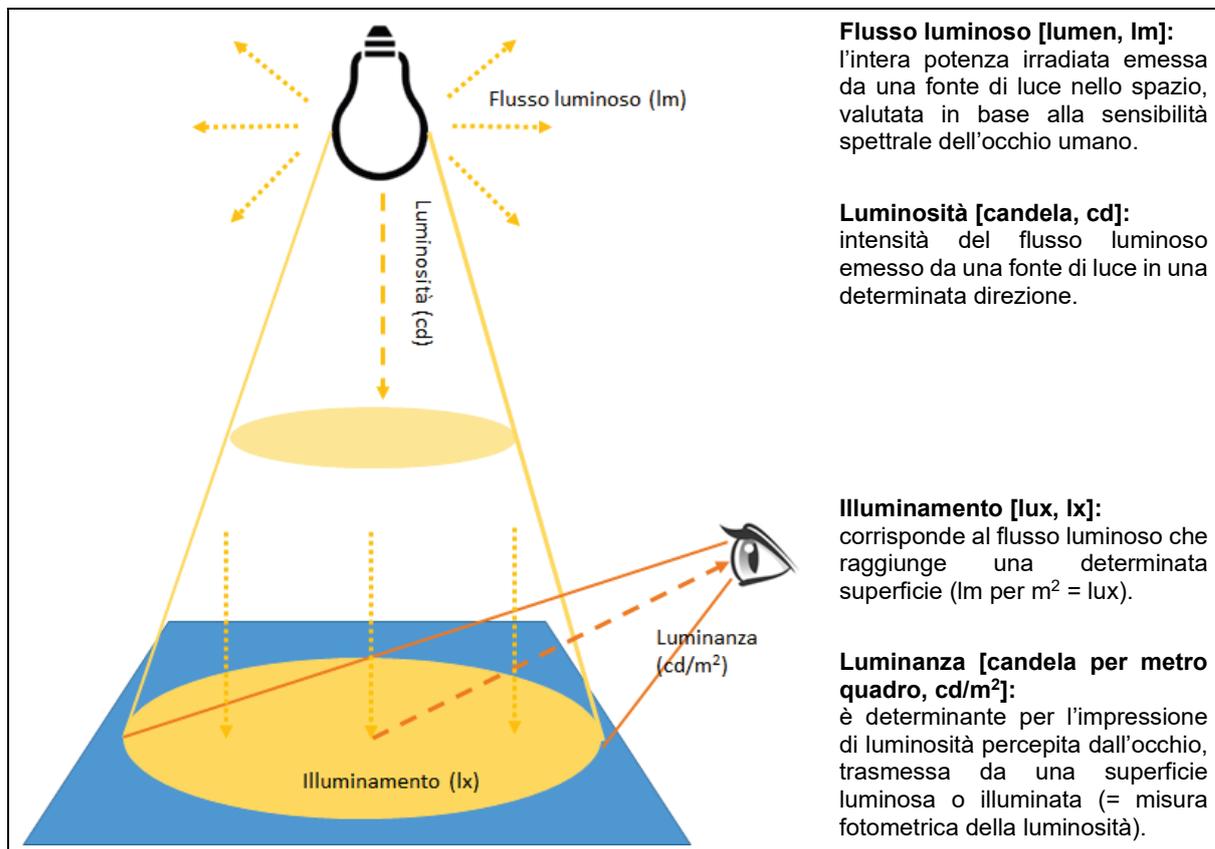


Figura 28: Spettro luminoso: l'uomo può percepire la radiazione elettromagnetica in una fascia di lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nanometri (nm). La percezione dei colori è possibile solo con i coni della retina, e solo a partire da luminanze superiori a 0,003 cd/m<sup>2</sup>. Per poter riconoscere chiaramente i colori sono necessarie luminanze superiori a 3 cd/m<sup>2</sup> (Ris 2003).



**Flusso luminoso [lumen, lm]:**  
l'intera potenza irradiata emessa da una fonte di luce nello spazio, valutata in base alla sensibilità spettrale dell'occhio umano.

**Luminosità [candela, cd]:**  
intensità del flusso luminoso emesso da una fonte di luce in una determinata direzione.

**Illuminamento [lux, lx]:**  
corrisponde al flusso luminoso che raggiunge una determinata superficie (lm per m<sup>2</sup> = lux).

**Luminanza [candela per metro quadro, cd/m<sup>2</sup>]:**  
è determinante per l'impressione di luminosità percepita dall'occhio, trasmessa da una superficie luminosa o illuminata (= misura fotometrica della luminosità).

Figura 29: Rappresentazione delle grandezze illuminotecniche

<b>Flusso luminoso <math>\Phi</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'intera potenza irradiata emessa da una fonte di luce nello spazio, valutata in base alla sensibilità spettrale dell'occhio umano.</li> <li>– Unità di misura: lumen [lm].</li> </ul>
<b>Illuminamento orizzontale <math>E_H</math> o verticale <math>E_V</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Illuminamento relativo a una superficie orizzontale (ad es. carreggiata) o verticale (ad es. facciata dell'edificio).</li> </ul>
<b>Illuminamento <math>E</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Corrisponde al flusso luminoso <math>\Phi</math> che raggiunge una superficie A.</li> <li>– Unità di misura: lumen per metro quadro = lux [lx]</li> <li>– <math display="block">E = \frac{\Phi}{A} \quad \left[ lx = \frac{lm}{m^2} \right]</math></li> <li>– Può essere misurato con un apparecchio di misurazione dell'illuminamento («luxmetro»).</li> </ul>
<b>Luminanza <math>L</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Misura fotometrica della luminosità.</li> <li>– È determinante per l'impressione di luminosità percepita dall'occhio, trasmessa da una superficie luminosa o illuminata.</li> <li>– Unità di misura: cd/m<sup>2</sup> della superficie luminosa A<sub>1</sub>.</li> <li>– Se la superficie A<sub>1</sub> e la direzione di irraggiamento si trovano in posizione perpendicolare l'una rispetto all'altra, si applica: <ul style="list-style-type: none"> <li><math display="block">L = \frac{I}{A_1} \quad \left[ \frac{cd}{m^2} = \frac{lm}{m^2 \cdot sr} \right]</math></li> </ul> </li> <li>– Se la luce è emessa in una direzione che si discosta dalla perpendicolare in misura dell'angolo <math>\gamma</math>, si applica quanto segue: <ul style="list-style-type: none"> <li><math display="block">L = \frac{I_\gamma}{A_1 \cos \gamma_1} \quad \text{dove } I_\gamma = \text{luminosità in direzione dell'angolo } \gamma</math></li> </ul> </li> <li>– Può essere misurata con una misuratore o una fotocamera di luminanza.</li> </ul>
<b>Luminosità <math>I</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Indica l'intensità del flusso luminoso emesso da una fonte di luce in una determinata direzione, ponderata con la sensibilità spettrale dell'occhio umano.</li> <li>– Unità di misura: candela [cd].</li> <li>– <math display="block">I = \frac{\Phi}{\Omega_1} \quad \left[ cd = \frac{lm}{sr} \right]</math></li> <li>– La distribuzione della luminosità delle lampade nello spazio è rappresentata graficamente sotto forma di curve di distribuzione della luminosità.</li> </ul>

<p><b>Resa cromatica</b></p> <p><b>Indice di resa cromatica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'impressione cromatica di un oggetto illuminato dipende dalla composizione spettrale della luce utilizzata. Più lo spettro è completo, più naturale è l'impressione cromatica. Se nello spettro mancano determinate zone di colore, non è possibile identificare il colore di un oggetto illuminato che presenta tale colore.</li> <li>– Dato che diversi dispositivi di illuminazione producono luce in modi diversi, la loro luce presenta composizioni spettrali diverse, con conseguenti ripercussioni sulle loro proprietà di resa cromatica.</li> <li>– L'indice di resa cromatica <math>R_a</math> indica la qualità della resa cromatica del dispositivo d'illuminazione interessato.</li> <li>– Il valore massimo è 100. In corrispondenza di questo valore possono essere percepiti tutti i colori dello spettro. Più l'indice di resa cromatica <math>R_a</math> si discosta da 100, peggiore diviene la resa cromatica degli oggetti illuminati (Ris 2003).</li> <li>– Nella pratica, i dispositivi d'illuminazione sono suddivisi in livelli di resa cromatica nel modo seguente: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>R_a = 90</math> e superiore:      ottima resa cromatica</li> <li>– <math>R_a = 80 - 89</math>:                      buona resa cromatica</li> <li>– <math>R_a = 70 - 79</math>:                      resa cromatica soddisfacente</li> <li>– <math>R_a = 60 - 69</math>:                      resa cromatica sufficiente</li> <li>– <math>R_a &lt; 60</math>:                              resa cromatica scarsa</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Spettro luminoso</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lo spettro luminoso descrive la distribuzione dell'intensità delle lunghezze d'onda presenti nella luce di un dispositivo d'illuminazione (cfr. fig. 23).</li> <li>– La luce solare bianca contiene tutte le lunghezze d'onda visibili all'uomo, anche se con intensità diverse.</li> </ul>
<p><b>Temperatura di colore / colore della luce</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– I dispositivi di illuminazione producono luce in diverse tonalità di colore. La distribuzione dei colori è descritta mediante la temperatura di colore.</li> <li>– Unità di misura: kelvin [K]</li> <li>– La temperatura di colore è suddivisa in tre gruppi: <ul style="list-style-type: none"> <li>– luce bianca calda:                      inferiore a 3300 K</li> <li>– luce bianca neutra:                      3300 – 5300 K</li> <li>– luce bianca fredda:                      superiore a 5300 K (luce bianca diurna)</li> </ul> </li> <li>– La temperatura di colore di una lampada fornisce solo informazioni sull'aspetto cromatico della luce, non fornisce però alcuna indicazione sulle sue proprietà di resa cromatica (Ris 2003).</li> </ul>
<p><b>Uniformità U</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'uniformità U descrive la distribuzione spaziale della luce e può riferirsi alla luminanza o all'illuminamento.</li> <li>– L'uniformità è rappresentata dal rapporto tra la luminanza minima / l'illuminamento minimo e la luminanza media / l'illuminamento medio o tra la luminanza minima / l'illuminamento minimo e la luminanza massima / l'illuminamento massimo.</li> </ul>

## A8 Bibliografia

- Aeberhard, S., 2015: Luzern im Abendkleid. In: Stadtlicht, Faktor Verlag, Zurigo: 20–23.
- Aeberhard, S., 2016: Smartes Licht in Urdorf. In: Strassenbeleuchtung, Faktor Verlag, Zurigo: 10–13.
- Age Stiftung (ed.) 2006: Hinweise für die Planung von altersgerechten Wohnungen. Zurigo: 5 pagg.
- Agenzia svizzera per l'efficienza energetica (S.A.F.E.) (ed.) 2014: Strom im Aussenbereich – Eine Auslegeordnung. Rapporto su incarico dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), Zurigo: 26 pagg.
- Amt für Städtebau, Città di Zurigo (ed.) 2006: Gesamtkonzept Aussenwerbung. Zurigo: 5 pagg.
- Arendt J., 1998: Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction*. Jan; 3(1): 13–22. doi: 10.1530/ror.0.0030013.
- Arlettaz, R., et al., 2000: Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). In: *Biological Conservation* 93: 55–60.
- Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. République française.
- Assmann, J., et al., 1987: Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen. In *LICHT 7/1987*: 509–515.
- Associazione svizzera di normalizzazione (SNV) 2013: Normung und Recht – der rechtliche Status von Normen. SNV, Winterthur: 8 pagg.
- Associazione svizzera per la luce (SLG) (ed.) 2015: Licht für die Schweiz: Lichtmarkt Schweiz – Analyse 2014. Rapporto su incarico dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), Berna: 44 pagg.
- Associazione Svizzera per la luce SLG (ed.) 2016: Ermittlung der vertikalen Beleuchtungsstärke an Fassaden im Nahbereich von optimal geplanten Strassenbeleuchtungen. Rapporto su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna: 11 pagg.
- Associazione Svizzera per la luce SLG (ed.) 2018: Schriftliche Hinweise der Fachgruppe 51 «Strassen und Plätze» del 25 aprile 2018, Olten: 7 pagg.
- Azam, C. 2017: Impacts of light pollution and wind turbine light emissions on nocturnal biodiversity. Presentazione al convegno «Immissionen von Windenergieanlagen: Befeuerung, Lärm und Infraschall» dell'8 marzo 2017, Deutsch-französisches Büro für die Energiewende (DFBEW), Parigi.
- Baker B.J. and Richardson J.M.L., 2006: The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*, *Can. J. Zool.* 84: 1528–1532.
- Baudirektion Kanton Zürich (ed.) 2005: Beleuchtungsreglement des Kantons Zürich, Grundsätze, Vorschriften und Richtlinien bezüglich Planung, Bau und Unterhalt an Staatsstrassen. Tiefbauamt, Zurigo: 24 pagg.
- Baudirektion Kanton Zürich (ed.) 2016: Schutz der Limmataltläufe in Dietikon, Geroldswil und Oetwil a.d.L. (Naturschutzgebiete mit überkommunaler Bedeutung). Bozza del 25 aprile 2016 Amt für Landschaft und Natur, Zurigo: 11 pagg.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (ed.) 2016: Schattenwurf von Windkraftanlagen: Erläuterung zur Simulation. LfU, Augsburg: 6 pagg.
- Beck, A., 2005: Aargauer Beispiele zur Problematik Fledermäuse / Licht. Zusammenstellung des Kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten des Kantons Aargau.
- Becker A., Whitfield A. K., Cowley P. D., Järnegren J. and Næsje T. F., 2012: Potential effects of artificial light associated with anthropogenic infrastructure on the abundance and foraging behaviour of estuary-associated fishes. *Journal of Applied Ecology*, Volume 50, Issue 1: 43–50.
- Bedrosian T. A., Aubrecht T.G., Kaugars K.E., Weil Z.M., Nelson R.J., 2013: Artificial light at night alters delayed-type hypersensitivity reaction in response to acute stress in Siberian hamsters. *Brain Behav. Immun.*, 34 (2013), pagg. 39–42, 10.1016/j.bbi.2013.05.009.

- Bedrosian T. A., Fonken L. K., Walton J. C., Nelson R. J., 2011: Chronic exposure to dim light at night suppresses immune responses in Siberian hamsters. *Biology Letters* 7: 468–471.
- Beier, P., 2005: Effects of artificial Night Lighting on Terrestrial Mammals. In: Rich, C. & Longcore, T. (Hrsg.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 19–42.
- Bennie J.J., Duffy J.P., Inger R., Gaston K.J., 2014: Biogeography of time partitioning in mammals. *Proc Natl Acad Sci.*;111(38):13727–32. <https://doi.org/10.1073/pnas.1216063110>.
- Bergen, F., Abs, M., 1997: Etho-ecological study of the singing activity of the blue tit (*Parus caeruleus*), great tit (*Parus major*) and chaffinch (*Fringilla coelebs*). In: *J. Ornithol.* 138: 451–67.
- Blattner, P., 2015: Beurteilung von Solaranlagen. Istituto federale di metrologia METAS: 12 pagg.
- Blattner, P.; 2018: Das richtige Licht, zur richtigen Zeit. In *METinfo, Rivista di metrologia*, vol. 25, 1/2018: 9–13
- Boldogh, S. Á. B. et. Al., 2007: The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. In: *Acta Chiropterologica*, 9(2), 527–534.
- Bolliger J., Hennet T., Wermelinger B., Bösch R., Pazur R., Blum S., Haller J. and Obrist M. K., 2020: Effects of traffic-regulated street lighting on nocturnal insect abundance and bat activity. *Basic and Applied Ecology*, volume 47: 44–56.
- Breuer S., 2015: Bedarfsgerecht gesteuerte LED – die Zukunft bei der Strassenbeleuchtung. In: *Infrastruktur- und Tunnelbau*, 4/2015: 84–85.
- Breuer, S., 2016: Dreimal sparen bei der Strassenbeleuchtung. In: *ET Licht*, settembre 2016. *AZ Medien*, Aarau: 40–42.
- Briggs, W., 2005: Physiology of Plant Responses to Artificial Lighting In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 389–411.
- British Standard BS 5489-1:2013. Code of practice for the design of road lighting – Part 1: Lighting of roads and public amenity areas. Londra: 74 pagg.
- Bruderer, B., 2017: Vogelzug – Eine Schweizerische Perspektive. *Der Ornithologische Beobachter*, Supplemento 12: 209 pagg.
- Bruderer, B., et al. (1999): Behaviour of migrating birds exposed to X-band radar and a bright light beam. In: *Journal of Experimental Biology* 202(9): 1015–1022.
- Buchanan, B. W., 1993: Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. In: *Animal Behaviour* 45(5): 893–899.
- Buchanan, B., 2005: Observed and Potential Effects of Artificial Night Lighting on Anuran Amphibians. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 192–220.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (ed.) 2020: Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise). LAI. Stato: 23.01.2020. Berlino: 11 pagg.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (ed.) 2012: Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz. Stato: 08.10.2012 (Anhang 2 Stato: 03.11.2015). Berlino: 28 pagg.
- CIE 150:2017: Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations. Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE), Vienna: 54 pagg.
- CIE 191:2010: Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance. Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE), Vienna: 79 pagg.
- CIE 231:2019: CIE Classification System of Illuminance and Luminance Meters. Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE), Vienna: 42 pagg.

Cieslik, T., 2010: Schattentheater. In: TEC21 – Schweizerische Bauzeitung, 136 (2010), espazium – Der Verlag für Baukultur, Zurigo: 34–40.

Convenzione europea del paesaggio, 2000: Convenzione sul paesaggio del Consiglio d'Europa, Firenze: 10 pagg.

Daly M., Behrends P. R., Wilson M. I., Jacobs L. F., 1992: Behavioural modulation of predation risk: moonlight avoidance and crepuscular compensation in a nocturnal desert rodent, *Dipodomys merriami*, *Animal Behaviour*, volume 44, 1: 1–9.

Daouk, A., 2015: Lyon: Zwischen funktionaler und ästhetischer Beleuchtung. In: Forum sviluppo territoriale 03/2015. Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE, Berna: pagg. 30–33.

Dark Sky Ireland, Espey B., 2020: BEST PRACTICE PUBLIC LIGHTING, [https://www.darksky.ie/wp-content/uploads/2020/04/BestPracticesInPublicLighting\\_BEspey2020.pdf](https://www.darksky.ie/wp-content/uploads/2020/04/BestPracticesInPublicLighting_BEspey2020.pdf)

de Molenaar, J., Sanders, M., Jonkers, A., 2005: Road lighting and Grassland Birds: Local Influence of Road Lighting on a Black-Tailed Godwit Population. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 114–136.

Debrot, L., 2015: L'éclairage public: une question sociétale. Presentazione al convegno PUSCH «Réduire les émissions lumineuses dans les communes» del 10.11.2015. LAMPER – Agence suisse pour la protection de l'environnement nocturne, Fontainemelon.

Derrickson, K. C., 1988: Variation in repertoire presentation in northern mockingbirds. In: *Condor* 90: 592–606.

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) (ed.) 2011: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen. 12.3. LiTG, Berlino: 34 pagg.

Dice LD. 1945. Minimum intensities of illumination under which owls can find dead prey by sight. *Am. Nat.* 79, 385–416. (doi:10.1086/281276).

DIN 5032-7: Lichtmessung – Teil 7: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlino: 3 pagg.

Dominoni D. M., Carmona-Wagner E. O., Hofmann M., Kranstauber B., Partecke J., 2014: Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Animal Ecology* Volume 83, Issue 3, 681–692.

Dunlap, J. C., 1999: Molecular bases for circadian clocks. *Cell* 96, 271–290.

Dwyer RG, Bearhop S, Campbell HA & Bryant DM., 2012: Shedding light on light: benefits of anthropogenic illumination to a nocturnally foraging shorebird. *Journal of Animal Ecology*. 82, 478–485. (doi:10.1111/1365-2656.12012).

Eisenbeis, G., 2005: Artificial Night Lighting and Insects: Attraction of Insects to Streetlamps in a Rural Setting in Germany. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 281–304.

Eisenbeis, G., Hassel, F., 2000: Attraction of nocturnal insects to street lights – a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessen (Germany). In: *Natur und Landschaft* 75(4): 145–156.

Ernst Basler und Partner EBP (ed.) 2014: Skiinfrastrukturanlagen Urserental / Oberalp, Detailprojekt Nr. 39 Lichtschutz, Bericht 39.1 vom 31.10.2014. Bericht im Auftrag der Andermatt-Sedrun Sport AG. Ernst Basler und Partner AG, Zollikon: 21 pagg.

Ernst Basler und Partner EBP (ed.) 2016: Grundlagenbericht zur Aktualisierung der Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. Ernst Basler und Partner AG, Zollikon: 130 pagg.

Etter, U., 2015: Licht nach Bedarf im Interesse der Umwelt. In: *Thema Umwelt* 4/2015: Lichtemissionen reduzieren und Strom sparen. PUSCH – Praktischer Umweltschutz, Zurigo: 20–21.

Falchi, F., et al., 2016: The new world atlas of artificial night sky brightness. In: *Science Advances* 2016;2:e1600377: 25 pagg.

- FGS Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr (ed.) 2010: Konzept für die öffentliche Beleuchtung in Berlin. Beleuchtung und Verkehrssicherheit. FGS, Berlino: 48 pagg.
- Fonken L.K., Kitsmiller E., Smale L., Nelson R.J., 2012: Dim nighttime light impairs cognition and provokes depressive-like responses in a diurnal rodent. *Journal of Biological Rhythms*. Volume 27:319–327.
- Frank, K., 1988: Impact of outdoor lighting on moths: An assessment. In: *Journal of the Lepidopterists' Society* 42(2): 63–93.
- Frank, K., 2005: Effects of Artificial Night Lighting on Moths. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 305–344.
- Gaston K.J. and Benie J., 2014b: Demographic effects of artificial nighttime lighting on animal populations. In: *Environmental Reviews* 22 (4): 323–330. <https://doi.org/10.1139/er-2014-0005>.
- Gaston K.J., Bennie J., Davies T.W., Hopkins J., 2013: The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal, *Biol. Rev.* 88: 912–927.
- Gaston, K.J., Duffy, J.P., Gaston, S. et al., 2014a: Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences. *Oecologia* 176, 917–931 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3088-2>.
- Gemeinde Balzers (ed.) 2013: Reglement der Gemeinde Balzers für Reklameanlagen (4 marzo 2009, revisione 20 novembre 2013). Balzers: 6 pagg.
- Gemeinde Köniz (ed.) 2012: Reklamereglement (722.1, versione del 23.09.2012). Köniz: 21 pagg.
- Gemeinde Thalwil (ed.) 2015: Masterplan Licht: Kunstlicht im öffentlichen und privaten Aussenraum. (Versione finale, 6 ottobre 2015). Thalwil: 38 pagg.
- Giavi, S., Blösch, S., Schuster, G. & Knop E., 2020: Artificial light at night can modify ecosystem functioning beyond the lit area. *Sci Rep* 10, 11870. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68667-y>
- Giavi, S., Fontaine, C. & Knop, E., 2021: Impact of artificial light at night on diurnal plant-pollinator interactions. *Nat Commun* 12, 1690. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22011-8>
- Gronfier, C., 2015: Santé en jeu: Effets positifs et négatifs de la lumière chez l'homme. Presentazione al convegno PUSCH «Réduire les émissions lumineuses dans les communes» del 10.11.2015. Institut national de la santé et de la recherche médicale Inserm, Lione.
- Group and Ecological consequences of artificial night lighting (conference).
- Häder, D.-P., 2004: Nastien, endogene Rhythmen und Photoperiodismus. *Photobiologie Vorlesung*, 4. Kapitel. Lehrstuhl für Ökophysiologie an der Universität Erlangen, Norimberga.
- Haller, J., 2016: Zwischen Rush Hour und Nachtruhe: Verkehrsabhängige Regelung der Strassenbeleuchtung. In: *Licht 11–12 2016*. Pflaum Verlag, Monaco: 34–37.
- Haller, J., 2017: Daten Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) . Schriftliche Hinweise vom 27. Februar 2017.
- Held, M., Hölker, F., Jessel, B. (Hrsg.) 2013: Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis. Bundesamt für Naturschutz, Bonn: 189 pagg.
- Henninger, S., 2015: Protection de l'environnement et efficience énergétique. Presentazione al convegno PUSCH «Réduire les émissions lumineuses dans les communes» del 10.11.2015. Les Services industriels de Lausanne SiL, Losanna.
- Herfort, S., 2015: Luzern erstrahlt im rechten Licht. In: *Thema Umwelt* 4/2015: Lichtemissionen reduzieren und Strom sparen. PUSCH – Praktischer Umweltschutz, Zurigo: 16–17.
- Hoffmann J., Palme R., Eccarda J. A., 2018: Long-term dim light during nighttime changes activity patterns and space use in experimental small mammal populations. *Environmental Pollution*, Volume 238: 844–51.

- Hölker, F., T. Moss, B. Griefahn, W. Kloas, C. C. Voigt, D. Henckel, A. Hänel, P. M. Kappeler, S. Völker, A. Schwobe, S. Franke, D. Uhrlandt, J. Fischer, R. Klenke, C. Wolter, and Tockner K.. 2010b: The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society* 15(4): 13.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K. & Tockner, K., 2010a: Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution* 25, 681– 682.
- Hönig, R., 2004: Plan Lumière: Stadtplanung in der Nacht. In: Hochparterre 17(2004). Hochparterre AG, Zurigo: pagg. 20–22.
- Hopkinson, R.C., 1957: Evaluation of Glare. *Illuminating Engineering* 52: 305–316.
- Hotz, T., Kistler, C. & Bontadina, F., 2011: Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung. Grundlagenbericht. SWILD, Zurigo, 121 pagine.
- Humm, O., 2015: 10 Punkte für Gemeinden. In: *Stadtlicht*, Faktor Verlag, Zurigo: 38–39.
- Hungerbühler R., Morici, L., 2006: Soziologische Beobachtungen zur Wahrnehmung nächtlicher Landschaften. In: Zumthor, P., Beer, I., Mathieu, J. (ed.): *Wieviel Licht braucht der Mensch, um leben zu können, und wieviel Dunkelheit?* vdf Hochschulverlag, Zurigo: 162–184.
- Jaeger, R. G., Hailman, J. P. (1973): Effects of intensity on the phototactic responses of adult anuran amphibians: a comparative survey. In: *Z. Tierpsychol.* 33: 352–407.
- Jones, K.E., Bielby, J., Cardillo, M., Fritz, S.A., O'Dell, J., Orme, C.D.L. et al., 2009: PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. *Ecology*, 90, 2648.
- Kalinkat, G., Grubisic, M., Jechow, A., van Grunsven, R. H. A., Schroer, S., and Hölker, F., 2021: Assessing long-term effects of artificial light at night on insects: what is missing and how to get there, *Insect Conservation and Diversity*. Volume 14, Issue 2: 260–70.
- Kanton Schaffhausen (ed.) 2014: Richtplan. Genehmigung durch den Bundesrat am 21. Oktober 2015. Objektblatt 6 Weitere Raumnutzungen. pagg. 151–152.
- Kanton Thurgau (ed.) 2009: Richtplan. Genehmigung durch den Bundesrat am 27. Oktober 2010. Objektblatt 1.1 Siedlungsgebiete: 4 pagg.
- Kienast F., Frick J., Steiger U., 2013: Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen n. 1325, Ufficio federale dell'ambiente, Berna e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL, Birmensdorf: 75 pagg.
- Klopfenstein, E., 2015: Eteindre complètement: comment faire? Presentazione al convegno PUSCH «Réduire les émissions lumineuses dans les communes» del 10.11.2015. Municipalité de Corgémont.
- Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, Ch., Hörler, M., Fontaine, C., 2017: Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548, 206–209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>
- Kobler, R. L., 2009: Lichtprojektionsverfahren aus Sicht der Eindämmung unnötiger Lichtemissionen (Lichtverschmutzung). Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Muttenz: 11 pagg.
- Kolligs, D., 2000: Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on butterflies (Lepidoptera). In: *Faunistisch-Oekologische Mitteilungen Supplement* 28: 1–136.
- Kölz, A.; Müller-Stahel, H-U.; Keller, H.; Brunner, U.; Associazione per il diritto dell'ambiente; Schweiz. – 1983. 1985–2004.], 1985–2004
- Kostenzer, J., 2013: Leuchtende Hänge, lange Schatten – Nachtskillauf in Tirol. In: Held et. al. (ed.): *Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn: 177–180.
- Le Tallec, T., 2014: Dossier «La pollution lumineuse». Internet: <http://www.webdeveloppementdurable.com/dossier-la-pollution-lumineuse/>, stato al 30.06.2014 (consultato il 18.10.2016).

- Le Tallec, T., Perret, M., Théry, M., 2013: Light Pollution Modifies the Expression of Daily Rhythms and Behavior Patterns in a Nocturnal Primate. *PLoS ONE* 8(11): e79250. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079250>
- Le Tallec, T., Théry, M., Perret, M., 2016: Melatonin concentrations and timing of seasonal reproduction in male mouse lemurs (*Microcebus murinus*) exposed to light pollution, *Journal of Mammalogy*, Volume 97, Issue 3, Pages 753–760, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw003>
- Lichtplan GmbH (ed.) 2019: Berechnungen zur Blendung (k-Werte): Beleuchtungen von Fussball- und Tennisplätzen (18MR037). Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, Berna: 58 pagg.
- Lloyd, J., 2005: Stray Light, Fireflies and Fireflies. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 345–364.
- Longcore, T., Rich, C., 2004: Ecological light pollution. In: *Front Ecol Environ* 2(4): 191–198.
- Longcore, T., Rodríguez, A., Witherington, B., Penniman, JF., Herf, L., Herf, M., 2018: Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *J Exp Zool*: 1–11. <https://doi.org/10.1002/jez.2184>
- Longland, W. S., and Price, M. V., 1991: Direct Observations of Owls and Heteromyid Rodents: Can Predation Risk Explain Microhabitat Use? *Ecology*, vol. 72, n. 6, pagg. 2261–2273.
- Luginbuhl, C. B., Boley, P. A., & Davis, D. R., 2014. The impact of light source spectral power distribution on sky glow. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*: 139, 21–26.
- Manville, A. M., 2000: The ABCs of avoiding bird collisions at communication towers: the next steps. *Proceedings of the Avian Interactions Workshop*, December 2, 1999, Charleston, SC. Electric Power Research Institute.
- Matt, A., 2015: Nachtabstaltung in Liechtenstein. *Indicazioni scritte del 23 giugno 2015*: 16 pagg.
- Miller, M. W., 2006: Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behavior of American Robins, *The Condor*, 108(1), 130–139.
- Mobilità pedonale Svizzera (ed.) 2015: Zu Fuss durch die Nacht. Eine Bestandesaufnahme der öffentlichen Beleuchtung. *Mobilità pedonale Svizzera*, Zurigo: 23 pagg.
- Moore, M., Kohler, S., Cheers, M., 2005: Artificial Light at Night in Freshwater Habitats and Its Potential Ecological Effects. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 365–384.
- Morgan-Taylor, M., 2015: Global Approaches to the Regulation of Light Pollution. Presentazione all'ALAN 2015 del 29–31.05.2015 a Sherbrooke, Québec, Canada. De Montfort University, Leicester, UK (<http://artificiallightatnight.weebly.com/uploads/3/7/0/5/37053463/morgan-taylor.pdf>)
- Moshammer, H. und Kundi, M., 2013: Medizinische Beurteilungsgrundlagen der Passiven Blendung – Version Dezember 2013. Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien. Vienna: 73 pagg.
- Mosler-Berger, Ch., 2013: Nächtliche Beleuchtung beeinträchtigt Lebensrhythmen – moderne Lösungsansätze. *Wildtier Schweiz, Fauna Focus* 8 «Licht».
- Museum für Energiegeschichte(n) (ed.) 2013: Licht an! Wie das Licht elektrisch wurde. Hannover: 12 pagg.
- Nightingale, B., Longcore, T., Simenstad C., 2005: Artificial Night Lighting and Fishes. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 257–276.
- Owens, A.C.S., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E.K. & Seymoure, B., 2020: Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241, 108259.
- Perlman I., Normann R.A., 1998: Light adaptation and sensitivity controlling mechanisms in vertebrate photoreceptors. *Progress in Retinal Eye Research*, Volume 17, Issue 4, pagg. 523–563.
- Perry, G., Buchanan, B. W., Fisher, R. N., Salmon, M., and Wise, S. E., 2008: Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. *Urban Herpetology* 3: 239–256.

- Perry, G., Fisher, R., 2005: Night Lights and Reptiles: Observed and Potential Effects. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 169–191.
- Phillips, J.B., and Borland, S.C., 1992: Behavioural evidence for the use of a light dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate. *Nature* 359:142–144.
- Prevenzione Svizzera della Criminalità (PSC) (ed.) 2014: *Stop ai ladri! 7 consigli utili per proteggere la vostra casa dalle effrazioni*. PSC, Berna: 20 pagg.
- Rand, A. S., et al., 1997: Light levels influence female choice in Túngara frogs: predation risk assessment? In: *Copeia* 1997: 447–50.
- Raum und Wirtschaft (rawi), Kanton Luzern (ed.) 2016: *Richtlinien Reklameanlagen*. Edizione aprile 2016. rawi, Lucerna: 10 pagg.
- Rechsteiner, M., Anderle, D., 2015: *Erhebung der Lichtimmissionen in verschiedenen Beleuchtungssituationen*. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. art light GmbH, San Gallo: 30 pagg.
- Rich, C., and Longcore, T., 2006: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press Washington, Chapter 2: 19–37.
- Ris, H. R., 2003: *Beleuchtungstechnik für Praktiker*. VDE Verlag GmbH, Berlino e Offenbach: 388 pagg.
- Robert, K. A., Lesku, J. A., Partecke, J., and Chambers, B., 2015: Artificial light at night desynchronizes strictly seasonal reproduction in a wild mammal. *Biological Sciences*, Volume 282, Issue 1816.
- Rydell, J., 2005: Bats and their Insect Prey at Streetlights. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 43–60.
- Santos, C.D., Miranda, A.C., Granadeiro, J.P., Lourenço, P.M., Saraiva, S., and Palmeirim, J.M., 2010: Effects of artificial illumination on the nocturnal foraging of waders. *Acta Oecol.* 36, 166–172. (doi:10.1016/j.actao.2009.11.008).
- Schaub, A., 2014: *UNIVOX Umwelt 2014*. gfs-zürich, Markt- & Sozialforschung, Zurigo 38 pagg.
- Schaub, A., 2015: *UNIVOX Umwelt 2015*. gfs-zürich, Markt- & Sozialforschung, Zurigo 43 pagg.
- Schierz, C., 2009: *Auswirkungen von Lichtimmissionen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen*. Rapporto peritale su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik. Ilmenau: 24 pagg.
- Schmidt, J. A., 2007: *Licht in der Stadt: Leitbilder und Strategien für innovative Lichtkonzepte*. Konrad Adenauer Stiftung e. V., Sankt Augustin/Berlino: 43 pagg.
- Schultze-Römer, N., 2013: *Städtisches Nachtleben und nächtliches Stadtlicht – Alles unter Kontrolle?* In: *DAS ARCHIV* 62. Magazin für Post- und Telekommunikationsgeschichte (2013), 3, Francoforte sul Meno: 27–35.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (ed.) 2015: *Stadtbild Berlin – Lichtkonzept – Handbuch*. Berlino: 75 pagg.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (ed.) 2014: *Stadtbild Berlin – Werbekonzept*. Berlino: 110 pagg.
- SLG 202:2016: *Richtlinien – Öffentliche Beleuchtung: Strassenbeleuchtung – Ergänzungen zu SNR 13201-1 und SN EN 13201-2 bis -5*. Associazione Svizzera per la luce (SLG), Olten: 33 pagg.
- SLG 301:2015: *Richtlinien – Beleuchtung von Sportanlagen: Teil 1 – Grundlagen, allgemein*. Associazione Svizzera per la luce SLG, Berna: 32 pagg.
- SLG 302:2015: *Richtlinien – Beleuchtung von Sportanlagen: Teil 2 – Beleuchtung von Fussballfeldern und Stadien für Fussball und Leichtathletik*. Associazione Svizzera per la luce SLG, Berna: 14 pagg.
- SN 586 491:2013 (SIA 491): *Prevenzione delle emissioni di luce esterne inutili* Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA), Zurigo: 24 pagg.

- SN EN 12193:2019: Luce e illuminazione – Illuminazione sportiva. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 41 pagg.
- SN EN 12464-2:2014: Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 2: posti di lavoro in esterno. ANV Associazione svizzera di normalizzazione, Winterthur: 32 pagg.
- SN EN 13201-2:2016: Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 22 pagg.
- SN EN 13201-3:2016: Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 64 pagg.
- SN EN 13201-4:2016: Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 55 pagg.
- SN EN 13201-5:2016: Illuminazione stradale – Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 31 pagg.
- SNR 13201-1:2016: Strassenbeleuchtung – Teil 1: Leitfaden zur Auswahl der Beleuchtungsklassen. Associazione svizzera di normalizzazione (SNV), Winterthur: 22 pagg.
- Sordello, R., 2011: Six propositions pour réduire les nuisances lumineuses sur la biodiversité dans les espaces naturels. Rapport du Muséum National d'Histoire Naturelle, Service du Patrimoine naturelle n° 22, Parigi: 9 pagg.
- Soukup, M., 2012: Wolkenkratzer als Vogeltöter. In: Tages-Anzeiger del 22 ottobre 2012, pag. 3.
- Stadt Bern (ed.) 2009: Richtlinien für die Beleuchtung öffentlicher Aussenräume. Decisione del Consiglio comunale della Città di Berna del 1° luglio 2009: 5 pagg.
- Stadt Luzern (ed.) 2006: Plan Lumière – Das Beleuchtungskonzept für die Stadt Luzern. Lucerna 102 pagg.
- Stadt Luzern (ed.) 2008: Reglement über die Kunstlichtanlagen auf Stadtgebiet (Kunstlichtreglement). Decisione del Consiglio comunale di Lucerna del 15 maggio 2008: 4 pagg.
- Stadt Luzern (ed.) 2010: Allgemeinbeleuchtung: Empfehlungen und Richtlinien für die Stadt Luzern. Stadtrat Luzern: 8 pagg.
- Stadt Luzern (ed.) 2010b: Kommerzielles Licht: Empfehlungen und Richtlinien für die Stadt Luzern. Stadtrat Luzern: 6 pagg.
- Stadt Zürich (ed.) 2004: Plan Lumière Zürich – Gesamtkonzept. Zurigo: 161 pagg.
- Stadt Zürich (ed.) 2007: Lichtblicke für eine ökologische Stadtbeleuchtung. Amt für Städtebau und Grün Stadt Zürich: 8 pagg.
- Stadtrat Chur (ed.) 2008: Reklamereglement (614, versione dell'01.01.2012). Stadt Chur: 5 pagg.
- Stiftung Fledermausschutz (ed.) 2015: Effekte künstlicher Beleuchtung auf Fledermäuse und Massnahmen. Merkblatt (stato: 16 gennaio 2015). Zurigo: 2 pagg.
- Strahlenschutzkommission (SSK) (ed.) 2006: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. Bonn: 29 pagg.
- Strassmann, B., 2002: Mörderischer Mond. In: Die Zeit del 18 dicembre 2002, 52/2002.
- Summers, C. G., 1997: Phototactic behavior of Bemisia argentifolii (Homoptera: Aleyrodidae) crawlers. In: Annals of the Entomological Society of America 90(3): 372–379.
- SvizzeraEnergia (ed.) 2015: Illuminazione efficiente nelle economie domestiche. Ufficio federale dell'energia UFE. Berna: 24 pagg.
- SvizzeraEnergia (ed.) 2016: Illuminazione stradale efficiente con i LED. Ufficio federale dell'energia UFE. Berna: 24 pagg.

SWILD (ed.) 2011: Ökologische Auswirkungen künstlicher Beleuchtung (Grundlagenbericht, zweite aktualisierte Zusammenstellung), SWILD – Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation. Zurigo 120 pagg.

Sydney, A., Gauthreaux, J., Besler, G., 2005: Effects of Artificial Night Lighting on Migrating Birds. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): Ecological Consequences of artificial Night Lighting. Island Press, Londra: 67–93.

Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P., 1991: Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; Stoccarda: 689 pagg.

Tiefbauamt des Kantons Bern (ed.) 2015a: Öffentliche Beleuchtung an Kantonsstrassen – Richtlinie (edizione: 19.06.2015). Berna: 40 pagg.

Tiefbauamt des Kantons Bern (ed.) 2015b: Licht nach Bedarf: 3-mal sparen mit intelligent gesteuerter LED-Strassenbeleuchtung – Wettbewerbsdossier Prix Excellence. Berna: 10 pagg.

Topstreetlight.ch (ed.) 2015: Intelligente Systeme – Empfehlungen für Gemeindebehörden und Beleuchtungsbetreiber. Topten, Zurigo: 4 pagg.

Touzot, M., Lengagne, T., Secondi, J., Desouhant, E., Théry, M., Dumet, A., Duchamp, C., Mondy, N., 2020: Artificial light at night alters the sexual behaviour and fertilisation success of the common toad *Environ. Pollut.*, 259, article : 113883.

Tribunale federale (ed.) 2014: SBB muss Bahnhofbeleuchtung reduzieren. Comunicato stampa del Tribunale federale del 23 aprile 2014. Losanna: 2 pagg.

Tschanz, K., 2015: Beurteilung von Beleuchtungen und Lichtbeschwerden – Einblick in den kommunalen «Vollzugsalltag». Presentazione al convegno per specialisti «Licht und Lichtverschmutzung: Mehr Konzepte – weniger Konflikte?» della Organisation Kommunale Infrastruktur OKI del 24.11.2015. Umwelt- und Gesundheitsschutz, Stadt Zürich.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) (ed.) 2010: Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand n. 1010. Berna: 64 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) (ed.) 2012: Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285, 29 novembre 2012. Berna: 22 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) (ed.) 2020: Concezione «Paesaggio svizzero» (CPS). Il paesaggio e la natura nelle politiche settoriali della Confederazione. Informazione ambientale n. 2011. Berna: 52 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) (ed.) 2013: Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität: Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen n. 1325. Berna e Birmensdorf: 75 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) (ed.) 2017: Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand n. 1641. Berna e Birmensdorf: 71 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) (ed.) 2017: Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand n. 1641. Berna e Birmensdorf: 71 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) (ed.) 2020: Auswertungsprotokoll für Indikator 14 Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand n. 1641. Berna e Birmensdorf: 71 pagg.

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP, oggi: Ufficio federale dell'ambiente, UFAM) (ed.) 2005: Prevenzione delle emissioni luminose. Raccomandazioni. Ambiente – Esecuzione n. 8010 (VU-8010-I). Berna: 37 pagg.

Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) (ed.) 2019: Direttiva AD I-006 I, Ostacoli alla navigazione aerea. Versione 2.0, 16.08.2021. Berna: 39 pagg.

Ufficio federale dell'energia (UFE) (ed.) 2008: Windkraftanlagen in der Schweiz – Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen. Econcept AG und Institut für Raumentwicklung Hochschule für Technik Rapperswil IRAP-HSR, Zurigo e Rapperswil: 78 pagg.

Ufficio federale dell'energia (UFE) (ed.) 2016: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2015. Berna: 56 pagg.

Ufficio federale dell'energia (UFE) (ed.) 2018: Undicesima edizione del premio Watt d'Or dell'Ufficio federale dell'energia. Comunicato stampa dell'11 gennaio 2018.

Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) (ed.) 2016: Scheda informativa -lampadine a LED (stato: 1° novembre 2016). Berna, 16 pagg.

Ufficio federale dello sviluppo territoriale (ARE) (ed.) 2015: Lo sviluppo territoriale e la notte. Le conseguenze della società delle 24 ore. Forum sviluppo territoriale 03/2015. Berna: 104 pagg.

Ulmann, P. P., 2015: Licht und Beleuchtung. Handbuch und Planungshilfe. DOM publishers, Berlino: 410 pagg.

Umweltbundesamt (UBA) (ed.) 2019: Technische Massnahmen zur Minderung akzeptanzhemmender Faktoren der Windenergienutzung an Land. Dessau-Roßlau: 24 pagg.

Upham, N. S., and Hafner, J. C., 2013: Do nocturnal rodents in the Great Basin Desert avoid moonlight?, *Journal of Mammalogy*, Volume 94, Issue 1, Pages 59–72, <https://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-076.1>.  
*Van Doren, B. M., Horton, K. G., Dokter, A. M., Klinck, H., Elbin, S. B., Farnsworth A., 2017: Intense urban lights alter bird migration. Proceedings of the National Academy of Sciences Oct 2017, 114 (42) 11175-11180; DOI: 10.1073/pnas.1708574114.*

Vaz, S., Manes, S., Gama-Maia, D., Silveira, L., Mattos, G., Paiva, P. C., Figueiredo, M. and Lorini, M. L., 2021: Light pollution is the fastest growing potential threat to firefly conservation in the Atlantic Forest hotspot, *Insect Conservation and Diversity*, Volume 14, Issue 2: 211–224.

Vogelwarte, 2021: <https://www.vogelwarte.ch/it/uccelli/domande-e-informazioni/pericoli-per-gli-uccelli/disturbo-causato-da-luce,%20versione%20dell'08.06.2021>, versione dell'08.06.2021.

Vollsnes, AV., Eriksen, AB., Otterholt, E., Kvaal, K., Oxaal, U., Futsaether, CM., 2009: Visible foliar injury and infrared imaging show that daylength affects short-term recovery after ozone stress in *Trifolium subterraneum*. *J Exp Bot.* Vol.60(13):3677-86. doi: 10.1093/jxb/erp213.

Vowles, A. S., and Kemp, P. S., 2021: Artificial light at night (ALAN) affects the downstream movement behaviour of the critically endangered European eel, *Anguilla Anguilla*. *Environmental Pollution* volume 274, 116585.

WALLS, G. L., 1942: The vertebrate eye and its adaptive radiation. Hafner Publishing, New York, New York, USA

Wise, S., Buchanan, B., 2005: Influence of Artificial Illumination on the Nocturnal Behaviour and Physiology of Salamanders. In: Rich, C. & Longcore, T. (ed.): *Ecological Consequences of artificial Night Lighting*. Island Press, Londra: 221–251.

Wüthrich, F., 2001: Stress für Mensch und Tier. Macht das Licht aus! In: *natur&kosmos*, 2001(2).

# Crediti fotografici

**Fig. 2, 6, 10, 19, 21, 22, 24**

Andrea Savoy, Divisione Rumore e RNI, UFAM

**Fig. 1, 4, 9, 11, 13, 16, 23 (sinistra), 25, 26, 28, 29**

UFAM

**Fig. 5, 15, 27**

Metas

**Fig. 12**

WSL

**Fig. 14, 20**

SLG

**Fig. 17**

Comune di Thalwil

**Fig. 18**

Città di Losanna

**Fig. 23 (destra)**

Energie Wasser Berna