

Poste Italiane spa - Sped. in A.P. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27.02.2004 n°48) art. 1, comma 1, LO/MI - ISSN 1828-0560



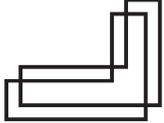
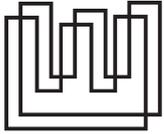
Anno / year 62 - n.348 2024
trimestrale / quarterly - € 15



348

WE NEED LIGHT

Woods Festival



Fondata
da AIDI nel 1962
Founded
in 1962 by AIDI

Direttore responsabile /
Editor-In-Chief
Mariella Di Rao

Comitato Editoriale /
Editorial Board
Elisa Belloni (coordinatore),
Miriam Emiliano, Sonny Giansante,
Carlos Alberto Loscalzo,
Anna Pellegrino, Lorella Primavera,
Alessandra Reggiani,
Alberto Scalchi, Matteo Seraceni,
Margherita Suss

Segreteria di redazione /
Editorial secretary
Cristina Ferrari,
Federica Capoduri,
Monica Moro
redazione@rivistaluce.it

Progetto grafico /
Graphic design
Lorenzo Mazzali

Collaboratori /
Contributors
Paolo Calafiore, Federica Capoduri,
Jacqueline Ceresoli, Cristina Ferrari,
Marcello Filibeck, Massimo Gozzi,
Sielo Longo, Deborah Madolini,
Pierluigi Masini, Pietro Mezzi,
Monica Moro, Marco Nozza,
Alberto Pasetti Bombardella,
Alberto Philippon, Giulia Ottavia Silla,
Paola Testoni, Cristina Tirinzoni,
Nancy Tollins

Pubblicità e Promozione /
Advertising & Promotion
Viola Fumagalli
T +39 339 3328097
viola.fumagalli@gmail.com

Amministrazione / Administration
Roberta Mascherpa
aidi@aidiluce.it

Direzione e redazione -
Amministrazione /
Main office - Administration
Via Pietro Andrea Saccardo 9, 20134
Milano, Italy
T +39 02 87389237 / 02 87390100
redazione@rivistaluce.it
www.luceweb.eu

Abbonamenti e arretrati /
Subscriptions and past issues
Per abbonamenti, anche digitali,
e acquisto copie e arretrati /
For subscriptions, including digital ones,
and purchasing back copies
abbonamenti@rivistaluce.it
www.luceweb.eu/acquista/

Trimestrale - 4 numeri anno /
Quarterly - 4 issues per year
L'abbonamento può decorrere
da qualsiasi numero / The subscription
may start from any number

Abbonamento Italia /
Subscriptions Italy
1 anno / 1 year € 60,00
Studenti / Students € 40,00

Abbonamento Estero /
International subscription
Europe and Mediterranean € 92,00
Africa/America/Asia/Oceania € 112,00

Edizione digitale / Digital edition
Abbonamento / Subscription € 16,99
Singola uscita / Single issue € 5,49

Arretrati / Past issues
Copia cartacea, singola uscita /
Printed copy, one issue € 15,00*

* il prezzo si intende comprensivo di
spedizione in Italia / The price includes
shipping within Italy

Modalità di pagamento /
Payments

Banca Popolare di Sondrio - Milano
IBAN IT58M0569601600000010413X67

AIDI

Editore/Publisher

Presidente / Chairman
Laura Bellia

Vice Presidente / Deputy Chairman
Raffaele Bonardi

Consiglio / Board
Roberto Barbieri, Michele Bassi,
Elisa Belloni, Raffaele Bonardi,
Dante Cariboni, Paolo Di Lecce, Gianni Drisaldi,
Carlos Alberto Loscalzo, Federico Mauri,
Enrico Munaron, Alessandra Paruzzo,
Anna Pellegrino, Alessandra Reggiani,
Gian Paolo Roscio, Luca Rufolo,
Giulio Scabin, Alberto Scalchi,
Matteo Seraceni, Andrea Solzi,
Margherita Suss, Francesco Trimarchi,
Alessandro Visentin, Antonio Zanetti

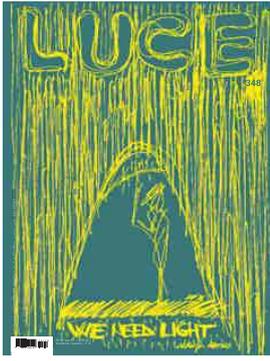
Stampa / Printer
Arti Grafiche Bianca&Volta, Truccazzano (Mi)

© LUCE
ISSN 1828-0560



Copyright AIDI Editore, via Pietro Andrea Saccardo 9, Milano
Registrazione presso il Registro della stampa del Tribunale
di Milano n. 77 del 25/2/1971 Repertorio ROC n. 23184
Associato alla Unione Stampa Periodica Italiana

La riproduzione totale o parziale di testi e foto è vietata senza l'autorizzazione dell'editore.
Si permettono solo brevi citazioni indicando la fonte. In questo numero la pubblicità non supera il 45%.
Il materiale non richiesto non verrà restituito. LUCE è titolare del trattamento dei dati personali presenti
nelle banche dati di uso redazionali. Gli interessati possono esercitare i diritti previsti dal D.LGS. 196/2003
in materia di protezione dei dati personali presso T +39 02 87390100 - aidiluce.it
The total or partial reproduction of text and pictures without permission from the publisher, is prohibited.
Only brief quotations, indicating the source, are allowed. In this issue, the advertisement does not exceed 45%.
The unsolicited material will not be returned. LUCE is the controller of the personal data stored in the editorial
databases. Persons concerned may exercise their rights provided in Legislative Decree 196/2003
concerning protection of personal data by: T +39 02 87390100 - aidiluce.it



COVER PHOTO

Grafica appositamente realizzata per LUCE da Alfonso Femia/AF*Design / Graphics specially created for LUCE by Alfonso Femia/AF*Design

crediti / credits

autori / authors

Silvana Annicchiarico, Venanzio Arquilla, Giorgia Ballabio, Giorgio Butturini, Paolo Calafiore, Federica Capoduri, Jacqueline Ceresoli, Mariella Di Rao, Cristina Ferrari, Andrea Fornasiero, Sielo Longo, Deborah Madolini, Pietro Mezzi, Monica Moro, Marco Nozza, Alberto Pasetti Bombardella, Alberto Philippson, Alessandra Reggiani, Giulia Ottavia Silla, Andrea Siniscalco, Filippo Spertino, Paola Testoni, Cristina Tirinzoni, Nancy Tollins

fotografi / photographers

Stefano Anzini, Venanzio Arquilla, Filippo Avandero, Andrea Avezzi, Giorgia Ballabio, Fabio Bascetta, Serena Bascone, Marco Beck Peccoz, Nicholas Bewick, Yann-Arthus Bertrand, Luc Boegly, Brescia e Amisano, Matteo Canestraro, Paolo Carlini, Valentina Capone, Daniele Cortese, Andrea Crudeli, Ilario Fabbian - IEFEE Studio, Egidio Ferrara, Pierpaolo Ferrari, Matthias Gasser, Rebecca Girolimetto, Eva Herzog, Rasmus Hjortshoj, Charles Hosea, Dean Hurley, N. Kubota, Brigitte Lacombe, Anthony Lebossé, Silvia Lelli, Light Follows Behaviour, Rino Malgrande, Lorenzo Mazzali, Gianluca Minuto, Matteo Montesano, Luca Mosconi - MODstudio, Michele Nastasi, Alberto Novelli, Mattia Parodi, Alberto Pasetti Bombardella, Michael Pezzeri, Simone Piersigilli, Eric Poitevin, Silvia Promenzio, Max Rommel, Andrea Rossetti, Michael Sinclair, Andrea Siniscalco, Filippo Spertino, Francesca Storaro, Federico Villa, Raffaele Vincelli, Paola Zuliani

traduttore / translator

Monica Moro



Sommaro / Headlines

EDITORIALI
EDITORIALS

- 24 Editoriale
Luce, architettura, design e arte come forme di responsabilità sociale
Light, architecture, design and art as forms of social responsibility
→ Mariella Di Rao

INCONTRI
INTERVIEWS

- 26 Carlo Ratti. "L'avvenire è dei curiosi di professione"
Carlo Ratti: "The future belongs to the curious by profession"
→ Mariella Di Rao
- 34 Antonio Monda: "La regia di David Lynch è una rivoluzione e una rivelazione insieme"
Antonio Monda: "David Lynch's directing style is both a revolution and a revelation"
→ Nancy Tollins

ARCHITETTURA E DESIGN
ARCHITECTURE AND DESIGN

- 38 Nuovi linguaggi: quando la moda incontra il design
New languages: when fashion meets design
→ Silvana Annicchiarico
- 44 Giovanni de Niederhäusern: "Pininfarina, una forza collettiva, quasi magica"
Giovanni de Niederhäusern: "Pininfarina, a collective, almost magical force"
→ Monica Moro
- 48 Amicizia e creatività: il segreto di una delle coppie più durature del lighting design
In conversazione con Edward Barber e Jay Osgerby
On friendship and creativity: the secret of the eternal youth of one of the lighting design most enduring couples
In conversation with Edward Barber and Jay Osgerby
→ Sielo Longo
- 52 Il progetto culturale e sostenibile di Giulia Foscari
Giulia Foscari's cultural and sustainable project
→ Monica Moro

PROGETTARE LA LUCE
DESIGNING LIGHT

- 56 Novartis Pavillon di Basilea
Un'architettura flessibile che mette in luce l'incontro tra scienza e arte
Novartis Pavillon in Basel
A flexible architecture showcasing the encounter between science and art
→ Paolo Calafiore
- 62 Giochi Olimpici di Parigi 2024: la luce del Villaggio degli Atleti che guarda al futuro
Paris 2024 Olympic Games: the light of the Athletes' Village looking to the future
→ Nancy Tollins

- 66 Cosa vuoi di più dalla vita?
Una nuova luce per Amaro Lucano
What more do you want from life? A new lighting for Amaro Lucano
→ Federica Capoduri
- 72 Transizioni luminose
Variazioni tonali nel progetto di illuminazione per la valorizzazione del sito archeologico di Peluinum, Prata d'Ansidonia (AQ)
Luminous transitions
Variations in white tones for the lighting design of the archaeological site of Peluinum, Prata d'Ansidonia (AQ)
→ Alessandra Reggiani

SPECIALE
SPECIAL REPORT

- 77 La luce e le città
Light and the cities
- 78 Simonetta Cenci: "L'illuminazione pubblica è il volto della città, la sua anima notturna"
Simonetta Cenci: "Street lighting is the face of the city, its nocturnal soul"
→ Paola Testoni
- 82 Illuminazione urbana di Perugia: esempio virtuoso della collaborazione tra pubblico, privato e università
Urban lighting in Perugia: a good example of collaboration among the public and private sector and the university
→ Pietro Mezzi

LIGHTING DESIGNERS

- 86 Vincent Longuemare: "La luce è materia attiva, tangibile, concreta"
Vincent Longuemare: "Light is an active, tangible and concrete matter"
→ Cristina Tirinzoni
- 92 Tra incontri e scontri, la luce come strumento d'inclusività
Intervista a Elettra Bordonaro
Between meetings and clashes, light as a tool for inclusivity
Interview with Elettra Bordonaro
→ Federica Capoduri
- 96 Il progetto di luce come equilibrio tra poesia e tecnica
The design of light as a balance between poetry and technique
→ Marco Nozza

SOSTENIBILITÀ
SUSTAINABILITY

- 100 Fotovoltaico: stato dell'arte, funzionamento e opportunità
Photovoltaics: current state of the art, how it works and opportunities
→ Filippo Spertino

RICERCA E TECNOLOGIA
RESEARCH AND TECHNOLOGY

- 104 Luce e autovetture: una piattaforma di simulazione per lo studio dell'illuminazione dell'abitacolo
Light and cars: a simulation platform for the study of car interior lighting
→ Venanzio Arquilla, Giorgia Ballabio, Andrea Siniscalco
- 110 Luce naturale progettata: metriche e strumenti di calcolo
Designed natural light: metrics and calculation tools
→ Giorgio Butturini, Andrea Fornasiero

- 114 La rivoluzione del LiFi: sprigionare il potenziale della luce, connettere oggetti e persone
The LiFi revolution: unleashing the potential of light and connecting objects and people
→ Giulia Ottavia Silla

ASSOCIAZIONI
ASSOCIATIONS

- 117 Paolo Di Lecce: "L'Italia? Tra le prime dieci al mondo"
Paolo Di Lecce: "Italy? It's in the world's top ten"
→ Pietro Mezzi

LIGHT ART

- 120 Luce e pregiudizio: la Light Art tra spettacolarizzazione, qualità e rischio di banalizzazione
Light and prejudice: Light Art between spectacularisation, quality and the risk of trivialization
→ Jacqueline Ceresoli

CORRISPONDENZE
CORRESPONDENCES

- 124 A Venezia l'Esposizione Internazionale d'Arte racconta la creatività di terre lontane
Venice International Art Exhibition chronicles the creativity of distant lands
→ Alberto Pasetti Bombardella

MAKING OF

- 128 Kinetic: luce flessibile e colorata per la massima libertà creativa di spazi urbani
Kinetic: a flexible and colourful light for the maximum creative freedom in urban spaces
→ Cristina Ferrari
- 129 Luce a energia solare e connessa: SunStay Pro e Philips Outdoor Multisensor
Solar-powered and connected light: SunStay Pro and Philips Outdoor Multisensor
→ Cristina Ferrari

LUCE SUI GIOVANI
LIGHT ON THE YOUNG PEOPLE

- 130 A Torino la luce accende la comunità di Regio Parco
In Turin, light switches on the Regio Parco community
→ Redazione/Editorial Team

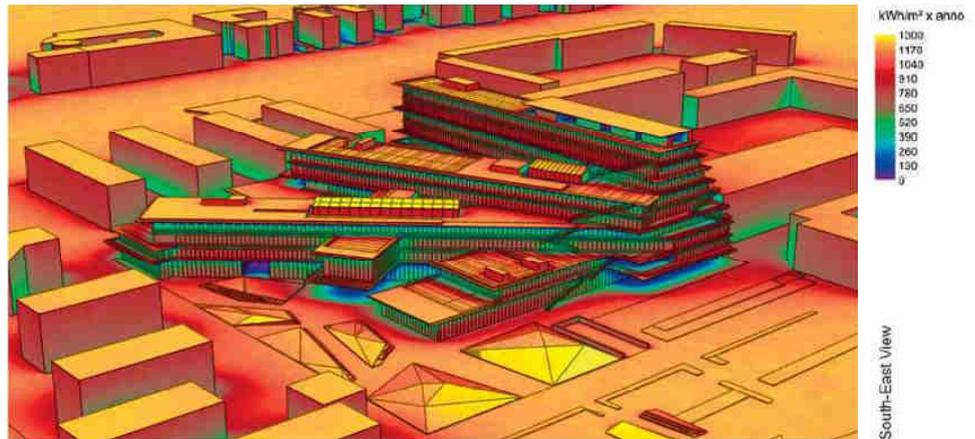
GEN Z LIGHTS

- 132 Gen Z Lights
→ Deborah Madolini, Alberto Philippson

Luce naturale progettata: metriche e strumenti di calcolo

di/by Giorgio Butturini e/and Andrea Fornasiero
photo courtesy Manens SpA

■ ■ ■ L'illuminazione naturale rappresenta un aspetto fondamentale del nostro ambiente che influenza da sempre la nostra vita quotidiana e il rapporto tra natura e uomo. Oltre a facilitare la visione, la luce naturale non solo modella gli spazi architettonici, ma influenza i consumi energetici (per l'illuminazione artificiale) e, non meno importante, la capacità di concentrazione, l'umore e il ciclo circadiano dovuto alla variazione di produzione di melatonina, regolata dai recettori non visivi dell'occhio in funzione della variazione di intensità luminosa e temperatura di colore della luce. L'ottimizzazione delle strategie di accesso della luce naturale nei luoghi abitati è un elemento progettuale critico per il successo degli edifici, che però deve confrontarsi con una molteplicità di fattori e variabili difficilmente semplificabili e con diverse esigenze contestuali: l'estetica e la funzionalità degli spazi, la percezione degli esterni, la variabilità della radiazione solare durante la giornata e le stagioni, i limiti sensoriali dell'occhio umano, la necessità di svolgere il compito visivo in assenza di disturbi specifici, la massima disponibilità nelle ore diurne per ridurre l'uso della luce artificiale, ecc. Diventa fondamentale creare spazi architettonicamente gradevoli e, nel contempo, funzionali alla loro fruizione, adottando strumenti avanzati basati sulla simulazione numerica in connessione con i dati climatici orari, superando i limiti della progettazione tradizionale, legati al solo dimensionamento delle aperture finestrate e al ritmo delle facciate, che spesso rende insoddisfacente la fruibilità della luce naturale a causa di posizionamenti o sottodimensionamenti delle aperture a fronte di una necessità estetica (apparentemente) non superabile. Anche a fronte della qualità della vita delle persone. In questo senso nel tempo sono entrati nella



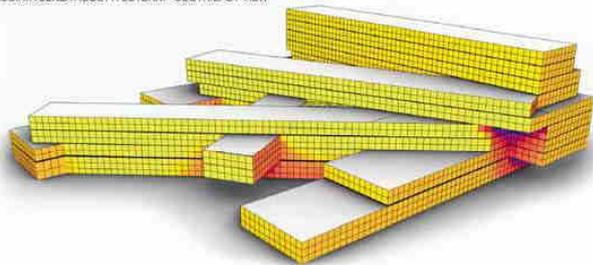
prassi per la qualità della luce naturale due diversi metodi di verifica. Il primo corrisponde al *Rapporto Illuminante (RI)* tra superficie finestrata e pavimentata, come richiesto già dal D.M. Sanità del 05/07/1975 e poi ripreso da tutti i regolamenti edilizi e d'igiene. Il successo della verifica con tale limite è derivato dall'immediatezza e dalla verificabilità del calcolo richiesto. Il secondo metodo di verifica invece consiste nel calcolo del *Fattore di Luce Diurna medio (FLDm)* o *Daylight Factor (DF)*, ovvero del valore medio in un ambiente del rapporto tra l'illuminamento in un punto al suo interno e l'illuminamento esterno orizzontale in condizioni di cielo coperto, in assenza della componente solare diretta. Tale calcolo può essere effettuato con formule analitiche semplificate (vedasi Circ. Min. LL. PP. n. 3151 del 22/5/67) o più complesse (UNI 10840:2000, UNI EN 15193:2021, ecc.), oppure ancora mediante simulazione numerica, attraverso la quale è possibile restituire un valore maggiormente efficace grazie alla modellazione geometrica completa dei locali e l'assegnazione delle caratteristiche ottiche delle superfici interne ed esterne all'interno di *software* dedicati. Nella realtà entrambi i metodi di verifica sono piuttosto limitati e forniscono risultati non coerenti tra di loro. Infatti l'indice *RI* non tiene conto di diversi fattori fondamentali, sia geometrici (posizione della finestra in facciata e della profondità dei locali) che visivi (trasparenza dei vetri e riflessione delle superfici interne). Analogamente il metodo *FLDm* presenta limiti derivati principalmente dall'applicabilità su locali di

dimensioni regolari, dall'indipendenza dei risultati, dall'orientamento degli ambienti (per l'esclusione del contributo solare diretto) e dalla posizione geografica (ovvero dalla disponibilità di luce nel corso dell'anno). In ogni caso, entrambi i metodi non permettono di tenere conto del comportamento annuo complessivo della luce naturale negli spazi chiusi. In questo senso, negli ultimi anni, sono state sviluppate nuove famiglie di metriche legate alle condizioni climatiche annuali, comunemente classificate con l'acronimo *CBD (Climate Based Design)*. Tale metodologia consiste sostanzialmente nel consolidamento di parametri complessivi annuali rappresentativi della disponibilità della luce naturale all'interno degli edifici, a partire da risultati ottenuti mediante simulazioni su intervalli orari.

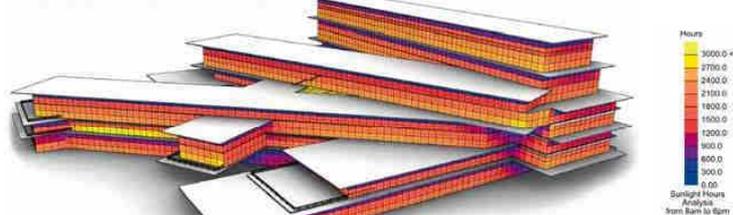
- *DA - Daylight Autonomy*¹: è la percentuale del tempo durante il periodo di occupazione, in un anno, degli spazi interni (tipicamente dalle ore 08.00 alle 18.00) in cui viene raggiunto uno specifico livello di illuminamento in un punto del locale. Ad esempio, $DA_{300,50}$ indica il superamento di 300 lux per almeno il 50% del tempo di occupazione del punto analizzato in uno spazio interno.
- *UDI - Useful Daylight Illuminance*²: indica la disponibilità di luce diurna che corrisponde alla percentuale di occupazione di uno spazio, in un anno, in cui un intervallo *target* di illuminamento di luce naturale è raggiunto in un punto del locale. In sostanza si raggruppano i valori temporali orari in base

sopra / top
Radiazione solare cumulativa annuale del nuovo edificio nel contesto urbano. La simulazione è utile per la verifica dell'impatto dell'edificio nel contesto urbano e nel contempo la valutazione dell'impatto sul tessuto urbano esistente in termini di ombreggiamento e delle superfici maggiormente esposte per l'eventuale installazione dell'impianto fotovoltaico / Cumulative annual solar radiation of the new building in the urban context. The simulation is useful for verifying the impact of the building in the urban context and at the same time assessing the impact on the existing urban fabric in terms of shading and the most exposed surfaces for the possible installation of the photovoltaic system

FACCIATA SENZA AGGETTI ESTERNI - SOUTH/EAST VIEW



FACCIATA CON AGGETTI ESTERNI - SOUTH/EAST VIEW



a più intervalli di illuminazione, 0-100 lux, 100-300 lux, 300-3.000 lux e oltre i 3.000 lux. I valori percentuali grafici rappresentano la percentuale della superficie interna che soddisfa i criteri *UDI* per almeno il 50% del tempo di occupazione.

- *sDA - Spatial Daylight Autonomy*: determina se uno spazio riceve una quantità sufficiente di luce diurna su un piano di lavoro durante le ore di occupazione ($sDA_{300,50}$: 300 lux per il 50% del periodo di occupazione, dalle 8.00 alle 18.00), espresso in termini percentuali sulla superficie di un locale.
- *Annual Sunlight Exposure (ASE)*: identifica le superfici soggette a eccessiva illuminazione e che possono causare disagio visivo (abbagliamento) o costi aggiuntivi di raffreddamento. Misura la percentuale del piano di lavoro che supera la soglia di 1.000 lux per più di 250 ore di occupazione all'anno.

I parametri *CBD* sono calcolati sulla base di modelli geometrico-fisici che considerano tutti i fattori che influenzano la penetrazione e la disponibilità della luce naturale grazie a codici di calcolo dedicati (*RADIANCE*³, primo tra tutti) come le dimensioni delle finestre, l'orientamento dell'edificio, la presenza di ostruzioni urbane, i dispositivi di ombreggiatura, la riflettanza delle superfici interne ed esterne e la trasmittanza dei vetri in facciata.

Sono strumenti indispensabili per ottimizzare le prestazioni degli edifici, migliorare il comfort degli occupanti e ridurre il consumo energetico massimizzando l'uso della luce naturale e riducendo al minimo i potenziali inconvenienti come l'abbagliamento e il guadagno di calore solare.

Recentemente la tematica della progettazione *CBD* è stata introdotta nelle normative con la *UNI EN 17037:2019 - Luce diurna negli*

edifici, adottata come riferimento nei *Criteri Ambientali Minimi del 2022* per l'affidamento dei servizi di progettazione e dei lavori per gli interventi edilizi (D.M. 23/06/2022, n. 256). La norma, oltre a individuare criteri per la valutazione delle viste verso l'esterno, l'esposizione solare e la protezione dall'abbagliamento, nel capitolo *Daylight Provision* propone una nuova metodologia di verifica della disponibilità di luce naturale utilizzando i dati climatici per l'individuazione dei due valori di illuminamento di riferimento (*Target Illuminance* e *Minimum Target Illuminance*, ad esempio 300 e 100 lux) che devono essere superati rispettivamente per almeno il 50% dei punti di calcolo per il *Target* e il 95% dei punti del *Minimum Target Illuminance*. Entrambe le percentuali devono essere verificate in almeno il 50% delle ore di luce dell'anno. Il calcolo del raggiungimento contemporaneo dei livelli di illuminamento di riferimento nel corso dell'anno consente quindi di classificare il grado di disponibilità della luce naturale in *Minimum*, *Medium* e *High*, come riportato nella tabella A1 della norma UNI EN 17037.

A titolo esemplificativo, sono qui riportati gli studi effettuati per il progetto del nuovo edificio *Welcome - Feeling at work*, voluto da Europa Risorse e PineBridge Benson Elliot, e progettata dallo studio *KKAA* (Kengo Kuma & Associates) che hanno consentito di ottimizzare le prestazioni finali della struttura grazie all'interazione tra progettazione architettonica e simulazioni, a partire dall'analisi della radiazione solare nel contesto urbano, proseguendo con l'ottimizzazione dei sistemi di schermature esterne per ridurre gli apporti solari diretti nel periodo estivo. Inoltre, grazie alle simulazioni del *DA* e *UDI* è stato possibile agire sull'ottimizzazione della larghezza del blocco edilizio più elevato, sulla rotazione dei due blocchi più piccoli e sulla

posizione dei *core*, garantendo un elevato grado di penetrazione della luce diurna negli spazi occupati.

In sintesi, ottenere una buona illuminazione diurna in uno spazio comporta una combinazione di strategie di progettazione architettonica e l'integrazione di tecnologie di illuminazione diurna appropriate. I principali fattori di ottimizzazione del progetto sono: orientamento ottimale dell'edificio, corretto dimensionamento delle finestre, delle vetrate e delle schermature, la disposizione interna dei locali, la scelta di colore delle pareti e dei soffitti e pavimenti, utilizzo di superfici riflettenti per consentire la penetrazione della luce all'interno degli edifici. È inoltre indispensabile l'adozione di tecnologie per l'integrazione della luce naturale e artificiale con lo scopo di garantire, oltre alla riduzione dei consumi energetici, elevati livelli di benessere e salubrità quali il sistema automatico di regolazione dell'illuminazione artificiale (intensità e tonalità del colore della luce) e delle schermature solari mobili assieme a sistemi di rilevamento di presenza delle persone e dei dati *real-time* dei parametri della luce esterna.

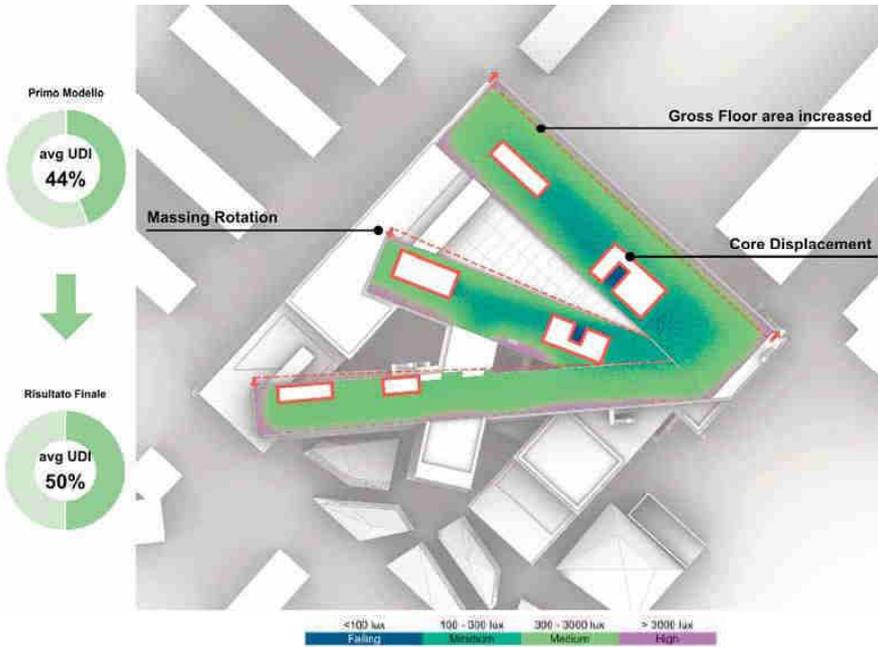
In questo senso le simulazioni numeriche rappresentano uno strumento fondamentale che non può più essere trascurato rispetto alle metodologie di verifica geometriche (*RI* e *FLDM*). L'illuminazione naturale non può che assumere maggiore importanza nella realizzazione di nuovi edifici e nella ristrutturazione di edifici già esistenti, integrando in modo sempre più forte i requisiti estetico-architettonici, auspicabilmente anche attraverso certificazioni dedicate, in modo del tutto analogo a quelle ormai comuni per le prestazioni energetiche, ad esempio basate sulle indicazioni della norma la UNI EN 17037, attualmente in corso di revisione in questa direzione.

Tabella A.1—Raccomandazioni per l'illuminazione attraverso le aperture finestrate verticali e inclinate / Recommendations of daylight provision by daylight openings in vertical and inclined surface

Livello di raccomandazione per l'illuminazione attraverso le aperture finestrate verticali e inclinate / Level of recommendation for vertical and inclined daylight opening	Intervallo target di illuminamento / Target illuminance	Percentuale di spazio per illuminamento target / Fraction of space for target level	Illuminamento target minimo / Minimum target illuminance	Percentuale di spazio per il livello di illuminamento target minimo / Fraction of space for minimum target level	Percentuale di ore di luce diurna / Fraction of daylight hours
Minimum	300	50%	100	95%	50%
Medium	500	50%	300	95%	50%
High	750	50%	500	95%	50%

sopra / top

Ottimizzazione dei sistemi di schermatura in facciata: in assenza di aggetti (situazione iniziale) e con l'inserimento di aggetti orizzontali (progetto finale). Il confronto della radiazione solare annuale in facciata ha consentito di valutare la riduzione del numero di ore di soleggiamento diretto fino al 50% grazie all'inserimento di aggetti orizzontali sulle coperture dei vari blocchi di edifici / Optimisation of shading systems on the façade: in the absence of overhangs (initial situation) and with the insertion of horizontal overhangs (final design). The comparison of the annual solar radiation on the façade made it possible to evaluate the reduction in the number of hours of direct sunlighting by up to 50% thanks to the insertion of horizontal overhangs on the roofs of the various building block



Reference/References

- Nabil A, & Mardaljevic J. (2005a). Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm to Access Daylight in Buildings. *Lighting Research & Technology*, 37(1), 41-59.
- Nabil A, & Mardaljevic J. (2005b). Useful Daylight Factors. *Energy and Buildings*, 38(7).
- Mardaljevic, J. (2006). Examples of Climate-Based Daylighting Modelling. In Paper No. 67. Presented at the CIBSE National Conference 2006: Engineering the Future, Oval Cricket Ground, London, UK: Institute of Energy and Sustainable Development (IESD).
- Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *Leukos*, 3(1), 7-31.
- Reinhart, C. F., & Walkenhorst, O. (2001). Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683-697.
- Illuminating Engineering Society (IES) Testing and calculation guide Lighting Measurement 83 (LM-83), Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE).
- Andrew McNeil, Eleanor Lee, Lawrence Berkeley National Laboratory: A validation of the Radiance three phase simulation method for modeling annual daylight performance of optically complex fenestration systems. - *Journal of Building Performance Simulation* 2012: 1-14 DOI:10.1080/19401493.2012.671852
- Andrew McNeil, The Five-Phase Method for Simulating Complex Fenestration with Radiance. (https://www.radiance-online.org/learning/tutorials/fivephasetutorialfiles/Tutorial-FivePhaseMethod_v2.pdf)
- Geisler-Moroder, David; Lee, Eleanor; Ward, Gregory: Validation of the Five-Phase Method for Simulating Complex Fenestration Systems with Radiance against Field Measurements. 2017/08/07 DO - 10.26868/25222708.2017.401

Note/Notes

1. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA, 2013)
2. Mardaljevic et al., 2012
3. Sviluppato nell'ambito del Lawrence Berkeley National Laboratory/Developed within Lawrence Berkeley National Laboratory

sopra/top
Strategie Ottimizzazione daylight. Gli spazi architettonici sono stati rimodellati fino alla configurazione finale per favorire l'accesso della luce naturale con: rotazione dei blocchi edilizi più bassi, spostamento dei core interni verso le aree con scarsa disponibilità di luce naturale e incremento della superficie lorda (grazie alla simulazione di daylight che ha permesso di estendere lo spazio interno fruibile)/Daylight Optimisation Strategies. The architectural spaces were remodelled to the final configuration in order to favour the access of natural light with: rotation of the lowest building blocks, shifting of the internal cores to areas with low natural light availability and increase of the gross floor area (thanks to the daylight simulation that allowed the extension of the usable internal space)

Designed natural light: metrics and calculation tools

☼ Natural lighting is a fundamental aspect of our environment that has always influenced our daily lives and the relationship between nature and man. In addition to facilitating vision, natural light not only shapes architectural spaces, but also influences energy consumption (for artificial lighting) and, not less importantly, the ability to concentrate, mood and the circadian cycle due to the variation in melatonin production, regulated by the eye's non-visual receptors as a function of the variation in light intensity and colour temperature. The optimisation of the strategies for accessing natural light in inhabited places is a critical design element for the success of buildings, which however must be confronted with a multiplicity of factors and variables that are difficult to simplify and with different contextual requirements: the aesthetics and functionality of spaces, the perception of exteriors, the variability of solar radiation during the day and the seasons, the sensorial limits of the human eye, the need to perform the visual task in the absence of specific disturbances, maximum availability during daylight hours so as to reduce the use of artificial light, etc.

It becomes fundamental to create architecturally pleasing spaces and, at the same time, functional to their use, adopting advanced tools based on numerical simulation in connection with hourly climate data, overcoming the limits of traditional design. These limits are linked only to the size of the window openings and the rhythm of the façades, which often makes the usability of natural light unsatisfactory due to the position or undersize of the openings in the face of an (apparently) insurmountable aesthetic need, or even of people's quality of life. In this sense, two different verification methods for the quality of natural light have

entered into practice over time. The first is the *Rapporto Illuminante RI (Illuminant Ratio)* between window and floor area, as already required by the Health Ministerial Decree of 05/07/1975 and then taken up by all building and hygiene regulations. The success in this case is derived from the immediacy and verifiability of the required calculation. The second verification method, instead, consists of calculating the *FLDm (ADF Average Daylight Factor)* i.e. the average value in a room of the ratio between the illuminance at a point inside it and the horizontal external illuminance under covered sky conditions, in the absence of the direct solar component. This calculation can be carried out with simplified analytical formulas (see the Italian Circ. Min. LL. PP. n. 3151 of 22/5/67) or more complex ones (UNI 10840:2000, UNI EN 15193:2021, etc.), or even through numerical simulation, through which a more effective value can be achieved thanks to the complete geometric modelling of rooms and the assignment of the optical characteristics of internal and external surfaces within dedicated software.

In reality, both verification methods are rather limited and provide inconsistent results. In fact, the *RI* index does not take into account several fundamental factors, both geometric (position of the window on the facade and the depth of the rooms) and visual (transparency of the glass and reflection of the internal surfaces). Similarly, the *FLDm* method presents limitations deriving mainly from the applicability only on rooms of regular dimensions, from the independence of the results, from the orientation of the rooms (due to the exclusion of the direct solar contribution) and from the geographical position (i.e. from the availability of light during the year.) In any case, both methods do not allow taking into account the overall annual behavior of natural light in closed spaces. In this sense, in recent years, new families of metrics related to annual climate conditions have been developed, commonly classified under the acronym *CBD (Climate Based Design)*. This methodology basically consists of the consolidation of annual global parameters representative of the availability of daylight inside buildings, from results obtained by simulations on hourly intervals.

- *DA - Daylight Autonomy*¹: is the percentage of time during the occupancy period, in a year, of indoor spaces (typically from 08.00 to 18.00) when a specific illuminance level is reached at a point in the room. For example, $DA_{300,50}$ indicates the exceeding of 300 lux for at least 50% of the occupancy time of the analysed point in an interior space
- *UDI - Useful Daylight Illuminance*²: indicates the availability of daylight which corresponds to the percentage of occupancy of a space, in a year, in which a target range of natural light illuminance is reached in a point of the room. In essence, the hourly time values are grouped based on multiple lighting intervals, 0-100 lux, 100-300 lux, 300-3,000 lux and over 3,000 lux. The graphical percentage values represent the percentage of the internal surface area that meets the *UDI* criteria for at least 50% of the occupancy time.
- *sDA - Spatial Daylight Autonomy*: determines whether a space receives a sufficient

amount of daylight on a work surface during occupancy hours (sDA_{300,50}: 300 lux for 50% of the occupancy period, from 8am to 6pm), expressed in percentage terms on the surface area of a room.

- **Annual Sunlight Exposure (ASE):** identifies surfaces subject to excessive lighting and which can cause visual discomfort (glare) or additional cooling costs. It measures the percentage of the work plan that exceeds the threshold of 1,000 lux for more than 250 hours of occupation per year.

CBD parameters are calculated on the basis of geometric-physical models that take into account all factors affecting the penetration and availability of natural light using dedicated calculation codes (RADIANCE³, first of all) such as window size, building orientation, presence of urban obstructions, shading devices, reflectance of internal and external surfaces and transmittance of façade glazing. These are indispensable tools for optimising building performance, improving occupant comfort and reducing energy consumption by maximising the use of natural light and minimising potential drawbacks such as glare and solar heat gain.

Recently, the issue of CBD design was introduced into the standards with *UNI EN 17037:2019 - Luce diurna negli edifici (Daylighting in Buildings)*, adopted as a reference in the *2022 Minimum Environmental Criteria* for the entrusting of design services and works for building interventions (D.M. 23/06/2022, no. 256).

The standard, in addition to identifying criteria for the assessment of outward views, sun exposure and glare protection, in the *Daylight Provision* chapter proposes a new methodology for verifying the availability of natural light using climatic data to identify the two reference illuminance values (*Target Illuminance* and *Minimum Target Illuminance*, e.g. 300 and 100 lux) that must be exceeded for at least 50% of the calculation points for the Target and 95% of the *Minimum Target Illuminance* points, respectively. Both percentages must be verified in at least 50% of the daylight hours of the year. The calculation of the simultaneous attainment of the target illuminance levels over the course of the year therefore allows the degree of daylight availability to be classified into *Minimum, Medium and High*, as shown in table A1 of standard UNI EN 17037.

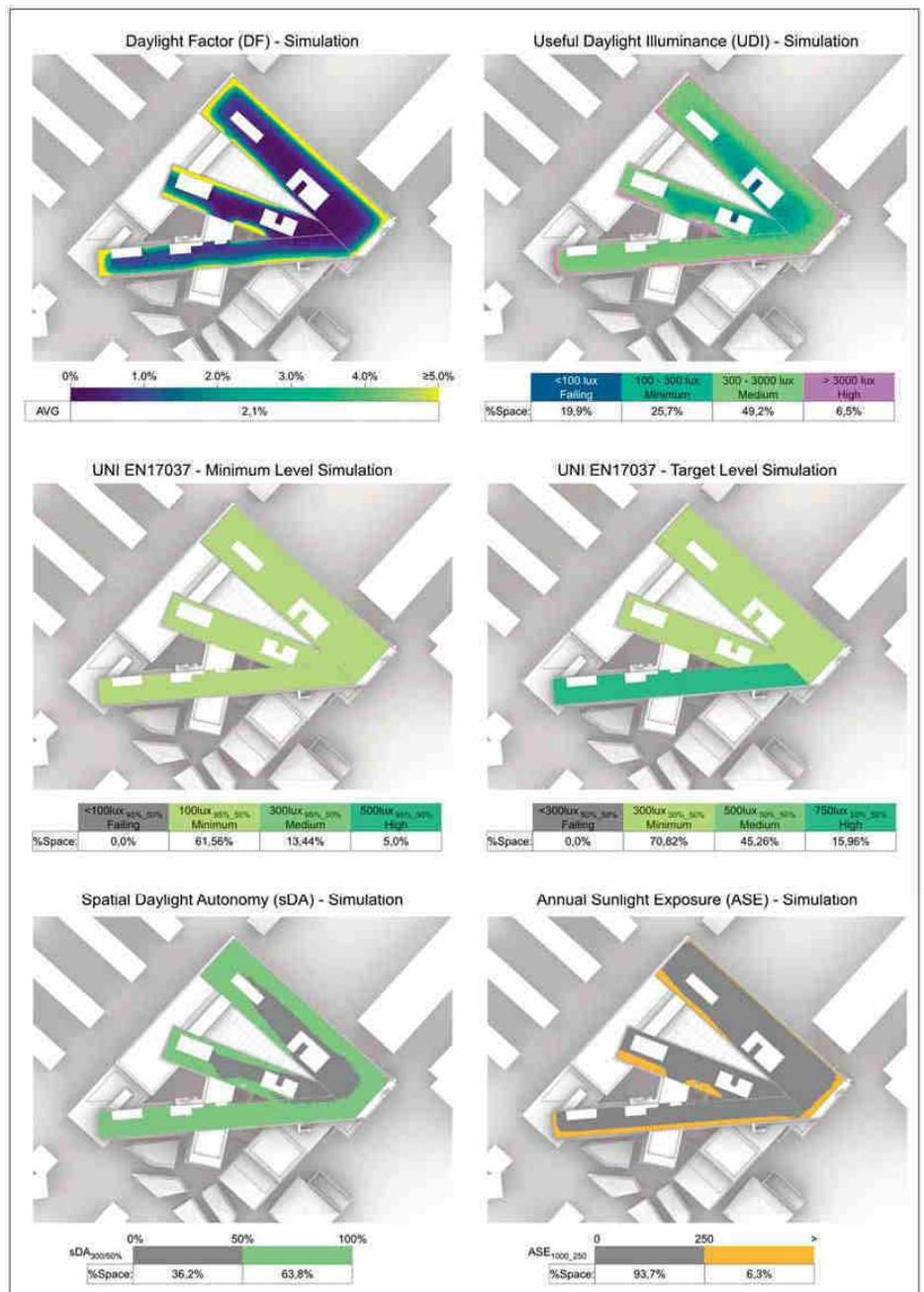
By way of example, here are the studies carried out for the design of the new *Welcome - Feeling at work* building, commissioned by Europa Risorse and PineBridge Benson Elliot, and designed by the KKA&A (Kengo Kuma & Associates) studio, which made it possible to optimise the final performance of the structure thanks to the interaction between architectural design and simulations, starting with the analysis of solar radiation in the urban context, and going on to optimise the external shading systems to reduce direct solar inputs in the

summer. Furthermore, thanks to the *DA* and *UDI* simulations it was possible to act on the optimisation of the width of the taller building block, the rotation of the two smaller blocks and the position of the cores, ensuring a high degree of daylight penetration into the occupied spaces.

In summary, achieving good daylighting in a space involves a combination of architectural design strategies and the integration of appropriate daylighting technologies. The main design optimisation factors are: optimal orientation of the building, correct sizing of windows, glazing and shading, the internal layout of rooms, the choice of colour of walls, ceilings and floors, and the use of reflective surfaces to allow light to penetrate into the building. It is also essential to adopt technologies for the integration of natural and artificial light with the aim of guaranteeing, in addition to the reduction of energy consumption, high levels of well-being and

healthiness such as the automatic regulation system of artificial lighting (intensity and colour shade of light) and mobile sunscreens together with systems for detecting the presence of people and real-time data of external light parameters.

In this sense, numerical simulations are a fundamental tool that can no longer be neglected with respect to geometric verification methodologies (*RI* and *FLDm*). Natural lighting is bound to take on greater importance in the construction of new buildings and in the renovation of existing buildings, integrating the aesthetic-architectural requirements in an ever stronger way, hopefully also through dedicated certifications, in a similar way to those now common for energy performance, for example based on the indications of standard UNI EN 17037, currently being revised in this direction. **L**



a destra / right
Confronto tra metriche CBD per la progettazione della luce naturale per l'edificio Welcome - Feeling at work / Comparison of CBD metrics for the daylight design of the Welcome - Feeling at work building