

# ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



# Il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale: Tool LENICALC e Prassi di Riferimento UNI

## SVILUPPO E INNOVAZIONE NELLA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE PER INTERNI

Arch. Blaso Laura DTE-SEN-SCC – ENEA Ispra



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000



Napoli, 5 aprile 2018



# CONTESTO: UNI EN 15193-1:2017

## UNI EN 15193-1:2017: Energy Performance of Building – Energy Requirements for lighting – Part 1: Specifications, Module M9

Valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione artificiale di edifici residenziali e non residenziali, attraverso la stima dei consumi di energia elettrica imputabile all'illuminazione artificiale anche in presenza di sistemi di controllo

### INDICATORE ANNUALE DELL'ENERGIA:

**LENI** [kWh/m<sup>2</sup>year] Lighting Energy Numeric Indicator (building)

# TOOL LENICALC e PdR UNI

**ENEA**, nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico": PAR 2015-2017,  
sta realizzando il **software LENICALC**

in collaborazione con **Gruppo di Lavoro UNI/CT023/GL10**  
**"Efficienza Energetica degli Edifici"**  
della Commissione Tecnica UNI CT023 "Luce e Illuminazione"

**LENICALC** consente di **determinare il LENI** secondo il metodo completo della  
**UNI EN 15193-1:2017**

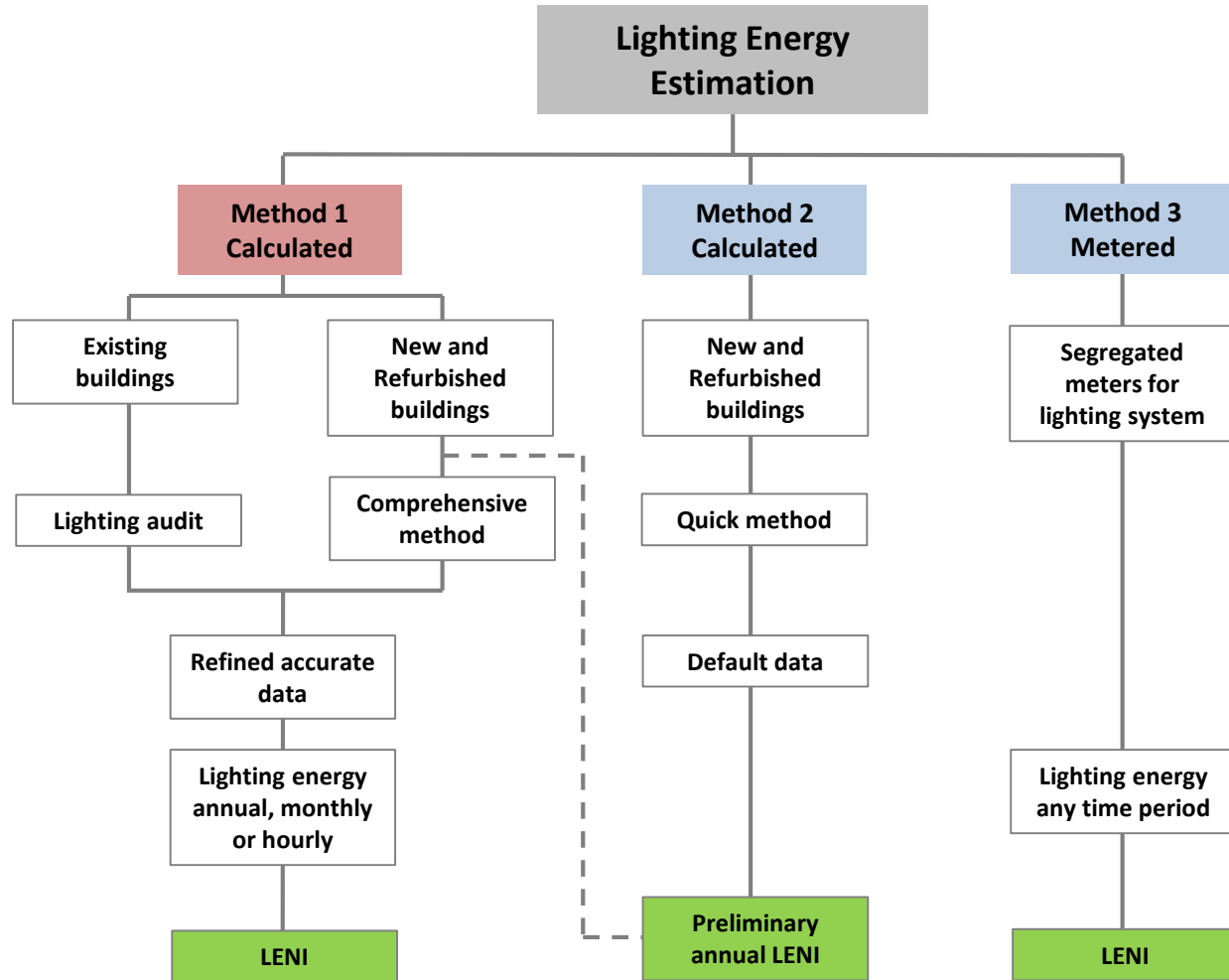
**LENICALC** sarà distribuito gratuitamente (fine 2018)  
unitamente alla **"Prassi di Riferimento UNI"**

che sarà di supporto alla determinazione del LENI mediante il software **LENICALC**  
dell'ENEA.

# UNI EN 15193-1:2017

Ci sono 3 metodi per la valutazione dell'energia necessaria per l'illuminazione elettrica all'interno di un edificio:

- Tramite calcolo (metodo 1 o 2),
- Mediante misurazione (metodo 3) diretta del circuito di illuminazione,
- Il metodo di calcolo 1 offre due opzioni, per gli edifici esistenti e per gli edifici nuovi o ristrutturati,
- Per edifici nuovi o ristrutturati offre anche il metodo rapido di calcolo (metodo 2) per la stima annuale di energia.

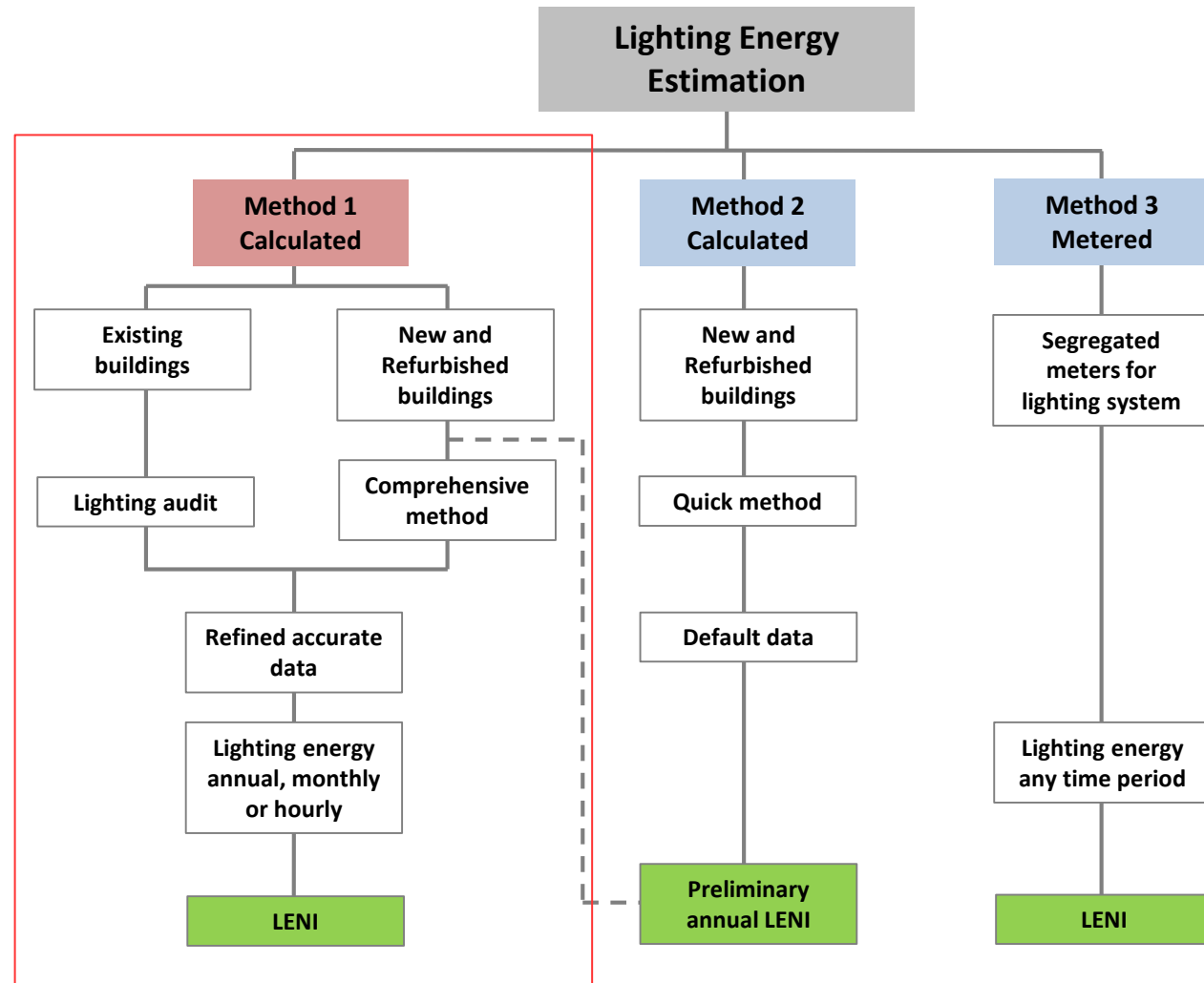


# UNI EN 15193-1:2017

## Differenze tra i metodi

**Metodo 1: Metodo completo** presuppone che per l'edificio sia stato eseguito un progetto completo dell'impianto di illuminazione:

- Progetto dell'impianto : dati reali dei prodotti specificati nel progetto,
- Le informazioni dell'impianto e dei prodotti: input al processo di stima dell'energia per l'illuminazione **W** [kWh],
- Per gli edifici esistenti, il processo consiste nel fare un **Audit** dell'impianto di illuminazione per stabilire le potenze installate per l'impianto di illuminazione

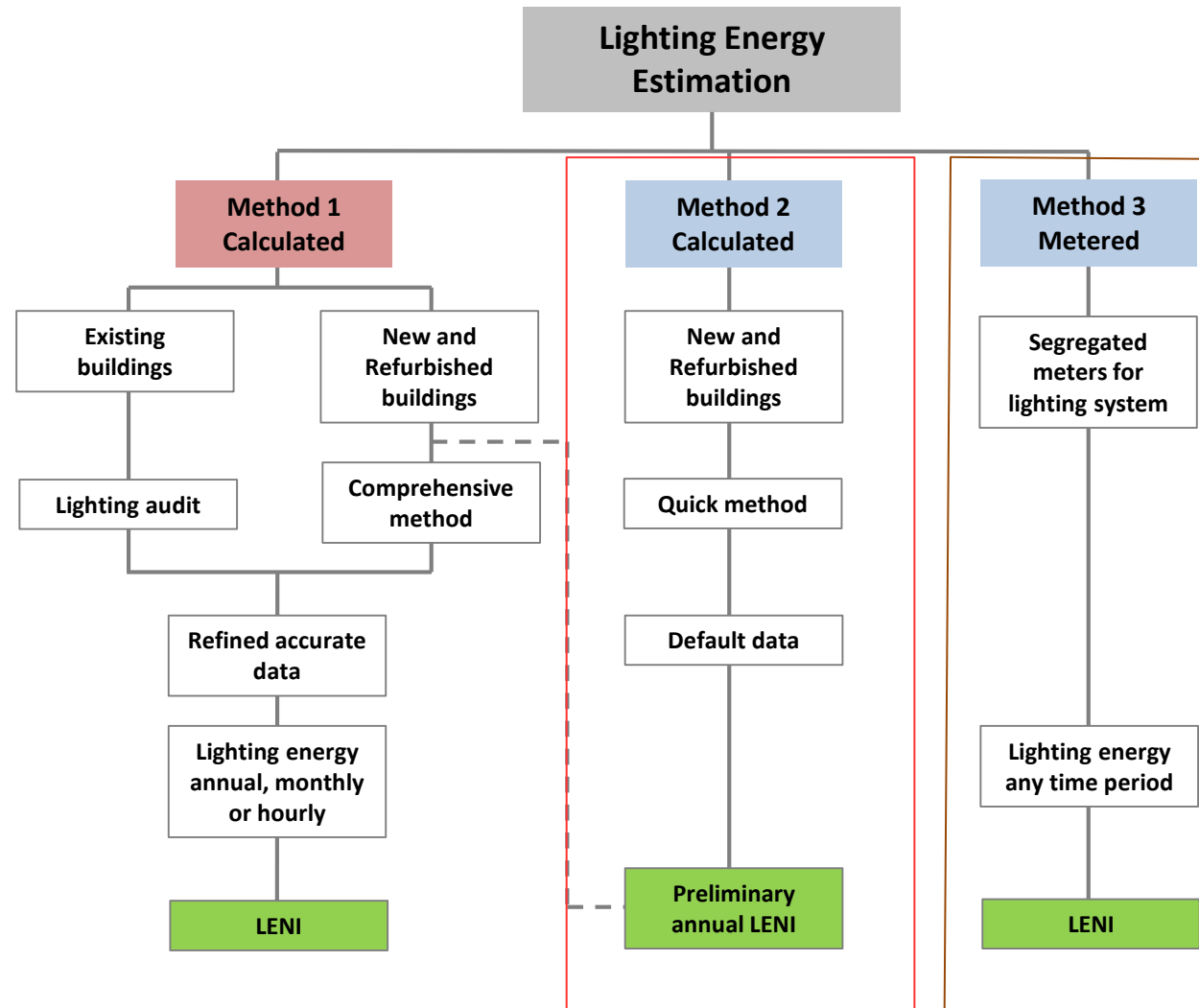


# UNI EN 15193-1:2017

## Differenze tra i metodi

**Metodo 2: Metodo rapido di calcolo** che utilizza una approssimazione nella procedura per calcolare il budget del carico installato mediante dati default per stimare il fabbisogno di energia per l'illuminazione.

**Metodo 3: Metodo di misura diretta** che fornisce il valore più accurato dell'energia utilizzata per l'illuminazione.



**LENI**  **W/A [kWh/m<sup>2</sup> anno]**

**W** [kWh/anno]: energia totale annua utilizzata per l'illuminazione

**A** [m<sup>2</sup>]: superficie di pavimento totale dell'edificio

Il valore del LENI dell'edificio è calcolato normalizzando l'energia annua totale necessaria per l'illuminazione [W] all'area utile [A] dello stesso edificio.

L'energia annua totale necessaria per l'illuminazione elettrica in un edificio  $W$  è determinata sommando i valori di energia totale per l'illuminazione  $W_t$  per ciascuna stanza o zona dell'edificio:

$$W = 8760 / t_s \times \sum W_t \text{ [kWh/anno]}$$

**TOTAL ANNUAL ENERGY**   **$W_L + W_P$  [kWh/anno]**

**$W_L$  [kWh/anno]:** energia annua richiesta per l'illuminazione in relazione ai requisiti specifici dell'edificio

**$W_P$  [kWh/anno]** energia parassita annua richiesta per l'illuminazione di emergenza e per lo stand by per i sistemi di controllo



Come si calcola l'energia annua richiesta per l'illuminazione artificiale?

$$W_{L,t} = \Sigma \{ (P_N \times F_C) \times F_O [(t_D \times F_D) + t_N] \} / 1000 \text{ [kWh/t}_s\text{]}$$

$W_{L,t}$  [kWh]: energia elettrica consumata in un dato periodo t per garantire l'illuminazione artificiale richiesta nell'edificio

$P_n$  [W] è la potenza elettrica installata per l'illuminazione artificiale in un ambiente o zona dell'edificio

$F_C$  [-] è il fattore di illuminamento costante

$F_O$  [-] è il fattore che tiene conto dell'occupazione degli utenti in ambiente

$F_D$  [-] è il fattore che tiene conto della disponibilità di luce naturale in ambiente

$t_D$  [h]: è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale

$t_N$  [h]: è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale

# UNI EN 15193-1:2017

Come si calcola l'energia annua richiesta per l'illuminazione artificiale?

$$W_{P,t} = \Sigma \{(P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_e)\} / 1000 \text{ [kWh/t}_s\text{]}$$

$W_{P,t}$  [kWh] è l'energia parassita annuale consumata nel periodo  $t$  di riferimento

$P_{pc}$  [W] è la potenza parassita totale assorbita dal sistema di controllo presente nell'edificio/singoli ambienti

$t_s$  [h] time step considerato (orario, mensile, annuale) es: 8760h, 730h

$P_{em}$  [W] è la potenza totale per lo standby power dell'illuminazione di emergenza

$T_e$  [h] è il tempo di ricarica della batteria degli apparecchi di illuminazione per l'emergenza

## METODO 1

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

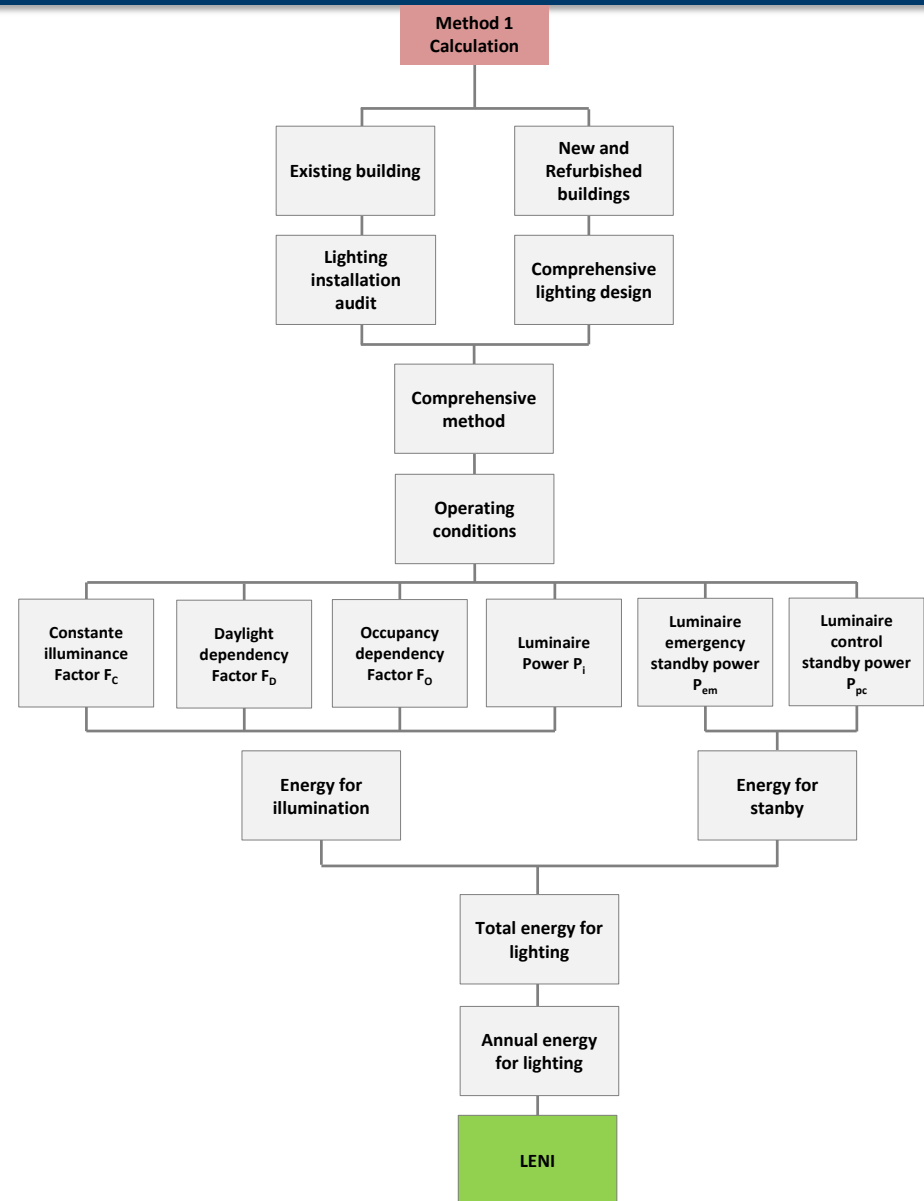
OUTPUT DATA: tre livelli di dati di uscita del metodo 1 di calcolo

- a) Energia per l'illuminazione elettrica in una zona, una stanza e nell'edificio **W** [kWh]
- b) per ogni luogo, l'energia può essere dichiarata per specifici intervalli di tempo in  **$W_t$**  [kWh/ $t_s$ ]
- c) **LENI**: l'energia annua utilizzata **W** normalizzata rispetto all'area utile **A** dell'edificio [kWh/m<sup>2</sup> anno].

Per l'edificio i valori di energia richiesta per le varie zone e stanze **W** relativi a ciascun time step « $t_s$ » sono sommati per stabilire l'energia totale necessaria per l'illuminazione  **$W_t$**  [kWh/ $t_s$ ] e l'energia annua **W** [kWh/annua].

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

Procedimento per determinare LENI (kWh/m<sup>2</sup> anno) mediante metodo 1



# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

## **Lighting system data**

Le informazioni sulle soluzioni adottate (adeguatezza alle specifiche, eventuali sistemi di gestione e controlli, etc.) costituiranno l'input per il processo di stima dell'energia.

## **Product data**

Occorre fornire le informazioni e dati sul tipo e numero di apparecchi utilizzati in una zona, stanza o edificio e il tipo di controllo per determinare i dati di input per la procedura di stima del fabbisogno energetico per l'illuminazione

## **System design data**

Processo di progettazione illuminotecnica completa in conformità alle rispettive norme applicabili (EN 12464-1, EN 12193)

## **Operating conditions**

- Dati effettivi del carico di potenza installata
- Dati dei valori previsti per i periodi di occupazione
- Disponibilità di luce naturale
- Dati del fattore di manutenzione dell'impianto di illuminazione
- Informazioni relativi alla risposta dei dispositivi di controllo

## **Constants and physical data**

## Calculation time steps

I «time steps» per i calcoli sono armonizzati fra le varie norme (mandato M/480 EPBD):

annuale 8760 h

Mensile 730 h

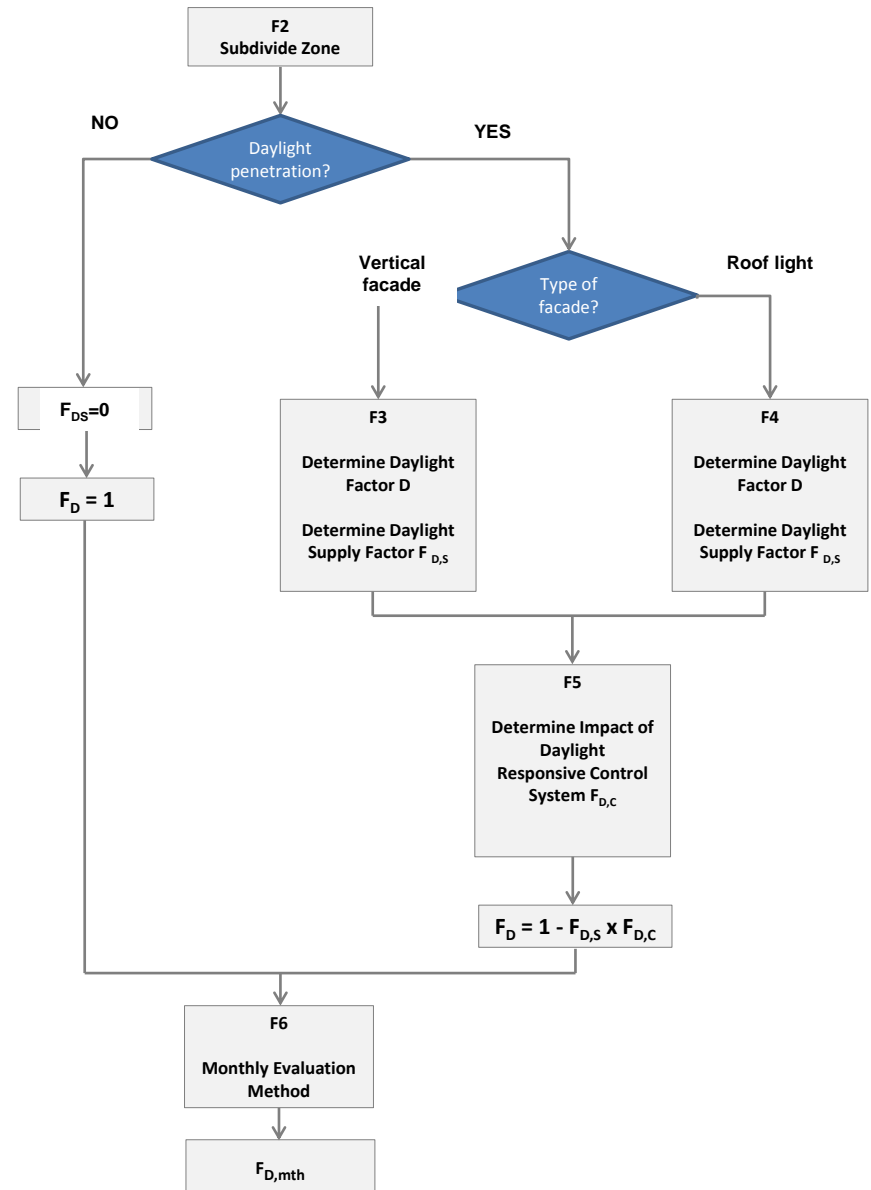
Il metodo 1 è basato su un approccio annuale (così come anche l'Annex F sul Daylight)

Nota: il calcolo orario dell'energia necessaria per l'illuminazione non è pratico e produce risultati non significativi in quanto non esiste un metodo affidabile per la previsione dei valori dei fattori di dipendenza

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

## Allegato F (ISO 10916:2014)

Definisce il metodo di calcolo per determinare le ore di luce, l'apporto di luce naturale attraverso le facciate verticali e lucernari e il loro impatto sulla domanda di energia per l'illuminazione elettrica, sia per edifici esistenti che per la progettazione di edifici nuovi o ristrutturati



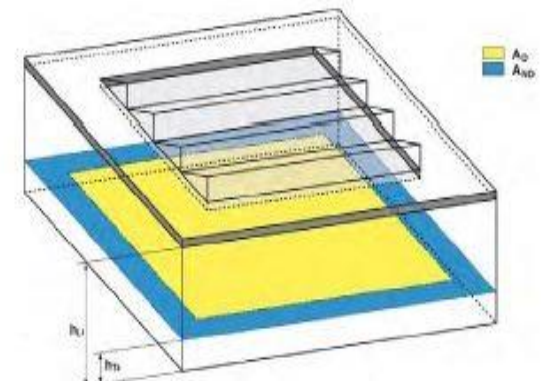
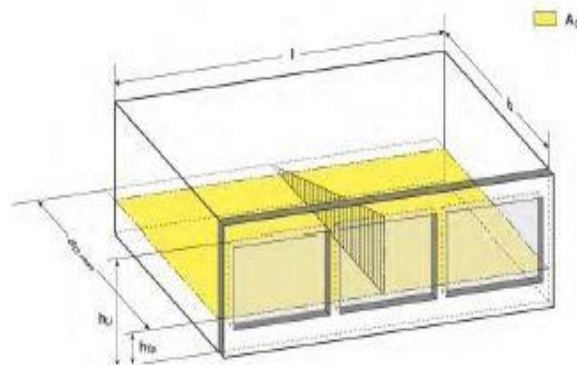
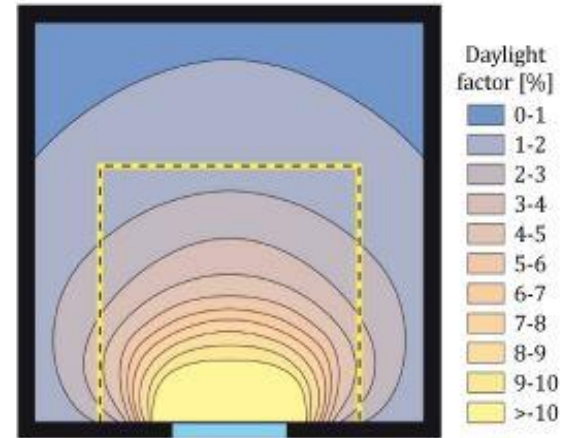


# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

Valutazioni delle condizioni di illuminazione diurna, in base al fattore di luce diurna

Fattore di luce diurna viene poi corretto con un indice che descrive il potenziale di risparmio energetico annuale dovuto alla luce diurna: l'esposizione relativa luminosa annuale

Modelli sono rappresentati proporzionalmente per facciate verticali e lucernari



# UNI EN 15193-1:2017: metodo 1

## Allegato E (Occupancy estimation)

Definisce il metodo di calcolo per determinare il Fattore di dipendenza dell'occupazione, che dipende:

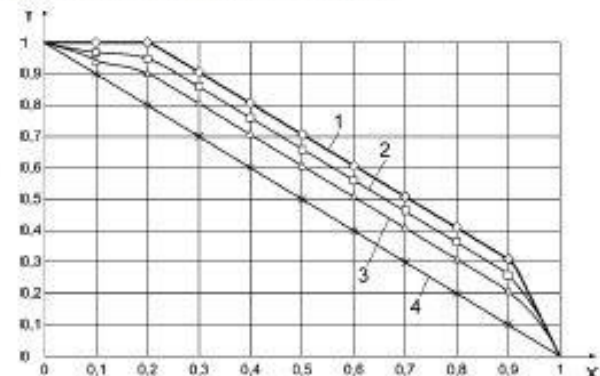
- tipologia di sistema di controllo utilizzata (manuale e/o automatica) (fattore  $F_{oc}$ )

Systems without automatic presence or absence detection	$F_{oc}$
Manual On/ Off Switch	1,00
Manual On/ Off Switch + additional automatic sweeping extinction signal	0,95
Systems with automatic presence and/or absence detection	
Auto On/ Dimmed	0,95
Auto On/ Auto Off	0,90
Manual On/ Dimmed	0,90
Manual On/ Auto Off	0,80

- dalla proporzione di tempo durante la quale l'ambiente risulterà non occupato, che a sua volta dipenderà dalla destinazione d'uso dell'edificio e dalla tipologia dell'ambiente oltre che dal numero complessivo di utenti che occupano l'ambiente (fattore di assenza FA).

Where  $X = F_A$  and  $Y = F_O$  and

1. Manual On/ Off switch
2. Manual On/ Off switch + additional automatic sweeping extinction signal, and Auto on/ Dimmed
3. Auto on/ Auto off and Manual on/ Dimmed
4. Manual on/ Auto Off



## METODO 2

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 2

Calcolo veloce dell'energia necessaria per l'illuminazione artificiale

- Versione semplificata del metodo I per la stima (budget) del fabbisogno annuo di energia per l'illuminazione in edifici
- È inteso per essere utilizzato solo in fase di studio di fattibilità o di un concept durante la progettazione degli edifici
- La procedura fa uso di approssimazioni nel calcolo del carico installato per l'illuminazione e di dati di default per stimare i fattori di dipendenza
- Produce un valore preliminare del LENI che sarà meno preciso di quello ottenuto con il metodo I

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 2

## Calcolo del LENI

$$\text{LENI preliminare} = \{F_C \times (P_j/1000) \times F_O [(t_D \times F_D) + t_N]\} + 1 + 1,5 \text{ [kWh/m}^2 \text{ x anno]}$$

$P_j$  [W/m<sup>2</sup>]: densità di potenza riferita all'area

1 [kWh/ m<sup>2</sup>x anno): valore di default di densità di energia per lo standby per la ricarica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza

1,5 [kWh/ m<sup>2</sup>x anno): valore di default di densità di energia per lo standby per i sistemi di controllo

Nota: i valori di default potrebbero essere sostituiti da valori nazionali

## METODO 3

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 3

È applicabile in edifici strutturati per la misurazione separata di energia elettrica utilizzata per tutta l'illuminazione all'interno dell'edificio

La misurazione può anche essere effettuata mediante un Building Management Systems (BMS)

Vi è una vasta gamma di sistemi di gestione che possono includere misuratori smart meters, sistemi controllo intelligenti, etc...

È importante che i sistemi siano progettati affinché non interferiscano, modifichino o riducano le condizioni progettate dell'illuminazione richiesta per la normale attività, in nessuna parte dell'edificio

# UNI EN 15193-1:2017: metodo 3

L'energia misurata totale utilizzata per l'illuminazione elettrica  $W_{mt}$  nell'edificio, per il passo temporale  $t_s$  [h], viene calcolato con la sommatoria del consumo di energia  $W_t$  riportata da ciascun sistema di misura usando l'equazione

$$W_{mt} = \sum W_t \text{ [kWh } t_s^{-1}\text{]}$$

L'energia annua per l'illuminazione elettrica all'interno di un edificio viene calcolata:

$$W = 8760 / t_s \times W_{mt} \text{ [kWh year}^{-1}\text{]}$$

Dove  $t_s$  è espresso in ore [h]

Il valore del LENI è calcolato:  $LENI = W/A$  [kWh / m<sup>2</sup> year]



# UNI EN 15193-1:2017: OSSERVAZIONI

Alcune osservazioni sulle procedure dello standard UNI EN 15193-1:2017

La determinazione delle prestazioni energetiche secondo il metodo 1 comporta una maggiore professionalità, maggiore tempo e quindi un investimento iniziale maggiore

La prestazione energetica determinata secondo il metodo 1 offre la possibilità di determinare valori di energia totale necessaria per l'illuminazione  $W_t$  per un dato periodo ( $t_s$ ) nonché l'energia annuale  $W$  (kWh/anno) nettamente inferiori a quelli determinati con il metodo 2 (veloce)

Il metodo 2 è funzionale solo per avere una stima dei consumi e non dovrebbe essere utilizzato ai fini della certificazione energetica degli edifici.

# Specifiche TOOL LENICALC

LENICALC: implementazione pensata per il sistema operativo Windows (per il futuro si pensa di implementarlo direttamente sulla Piattaforma PELL dell'ENEA)

Architettura attuale: Programma scritto in C++ usando Visual Studio 2015 che utilizza il Doc/View architettura di MFC (Microsoft Foundation Classes).

Questo tipo di architettura separa i calcoli/dati dell'oggetto dalla vista (View) dell'oggetto, il programma gira su piattaforma Windows a 64 bit (esempio Windows 7 8 o 10).

Un progetto viene salvato su disco come un insieme di file, quali: un file XML con dati numerici e geometrici del progetto, uno o più file DXF che vengono usati come sfondo e guida alla costruzione di piani/stanze/zone.

Il calcolo è effettuato utilizzando lo standard IEEE di calcolo: IEEE 754-2008.

Il programma utilizza la libreria 3D grafica open "OpenGL". Il programma, una volta scaricato, si presenta come un file "install" che copia tutti i file e che crea tutte le cartelle necessarie.

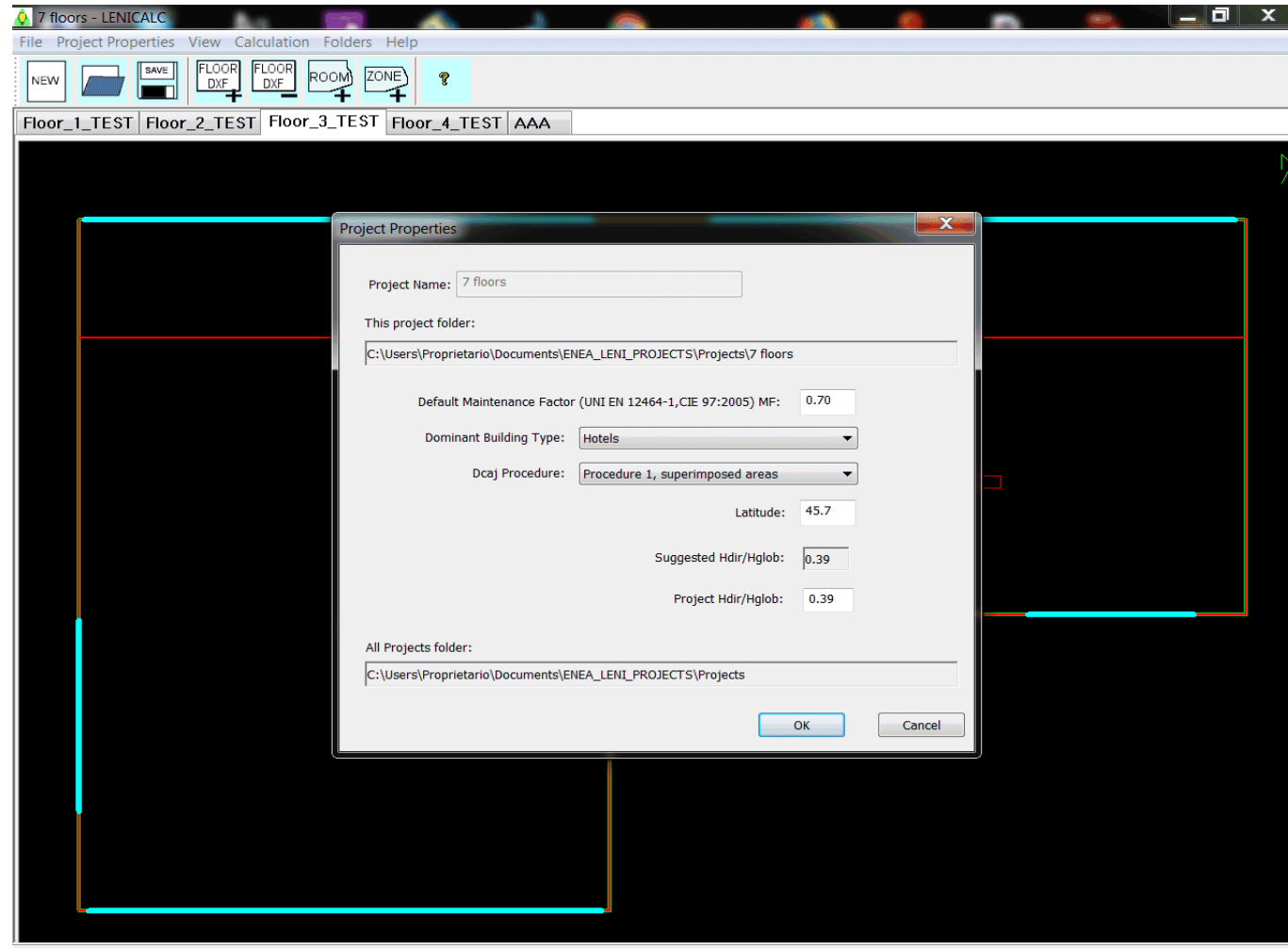
# TOOL LENICALC

Partendo dal presupposto che:

- la determinazione del LENI è molto complessa, perchè ci sono molteplici fattori che concorrono alla definizione degli indici Dependency Factor ( $F_D$ ,  $F_O$ ,  $F_C$ ), per ciascuna stanza che costituisce l'edificio
- questo comporta non solo un calcolo oneroso in termini di tempo ma anche molte difficoltà nella gestione dei calcoli parziali necessari alla determinazione, su base annua, del LENI dell'edificio, e del SubLENI della stanza, del piano e del settore dell'edificio
- È stato sviluppato il **TOOL LENICALC per il calcolo del LENI**

# Flusso logico LENICALC

- ✓ Sezione “**New Project**”: propedeutica alla creazione di un progetto ed alla definizione di alcuni parametri specifici al calcolo della metodologia.
- ✓ Sezione “**Project Properties**”: propedeutica alla modalità di creazione del singolo piano e stanza.



# Flusso logico LENICALC

- ✓ Sezione “**Room Properties**”: propedeutica alla definizione delle proprietà della stanza, come richiesto dallo standard.

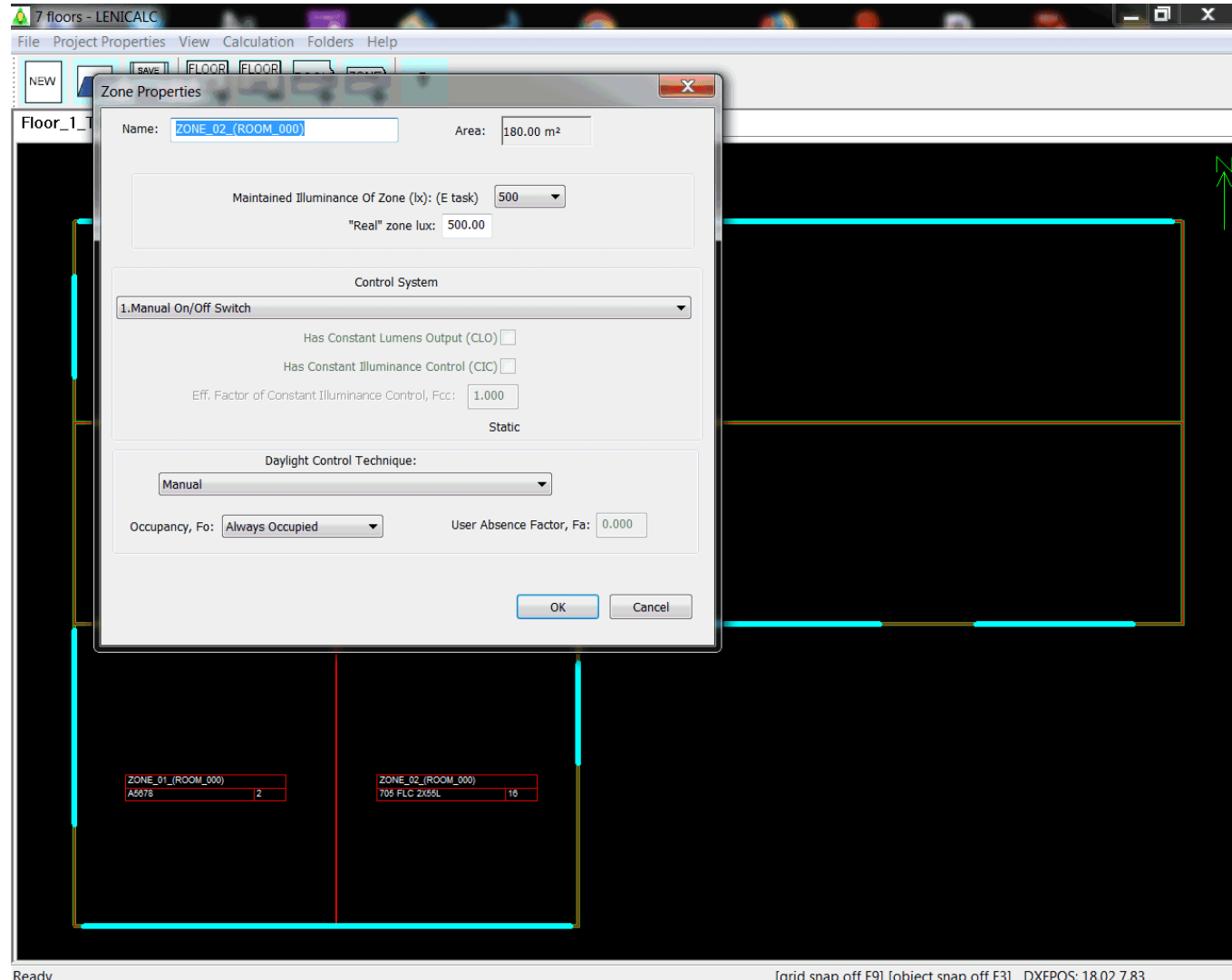
The screenshot displays the LENICALC software interface. The main window shows a floor plan with several rooms outlined in cyan and orange. A red box highlights a room labeled 'ZONE\_01\_(ROOM\_001)' with ID '12345\_M' and value '17'. Another red box highlights an interior area labeled 'INTERIOR\_123ABC'. Two other rooms are labeled 'ZONE\_01\_(ROOM\_000)' with ID 'A5678' and value '2', and 'ZONE\_02\_(ROOM\_000)' with ID '705 FLC 2X55L' and value '18'. A 'Room Properties' dialog box is open in the foreground, showing the following details:

- Room Name: ROOM\_001
- Area=550.0 m<sup>2</sup> (bounding box 55.0m x 10.0m) Em=500.0lx
- Room Type: [Hotels]Entrance hall/Lobby(Fa=0.00)
- Worksurface height: 0.800
- Room MF (UNI EN 12464-1, CIE 97:2005): 0.70
- Dcaj: Calculated
- User Dcaj: 0.000 %
- IDC\_DCAJ\_TXT
- Effective Transmittance!!!OWEN!!! τ d65 sna: 0.666
- Shading: No Shading
- Annual daylight hours, td: 3000
- Annual nighttime hours, tn: 2000

The dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

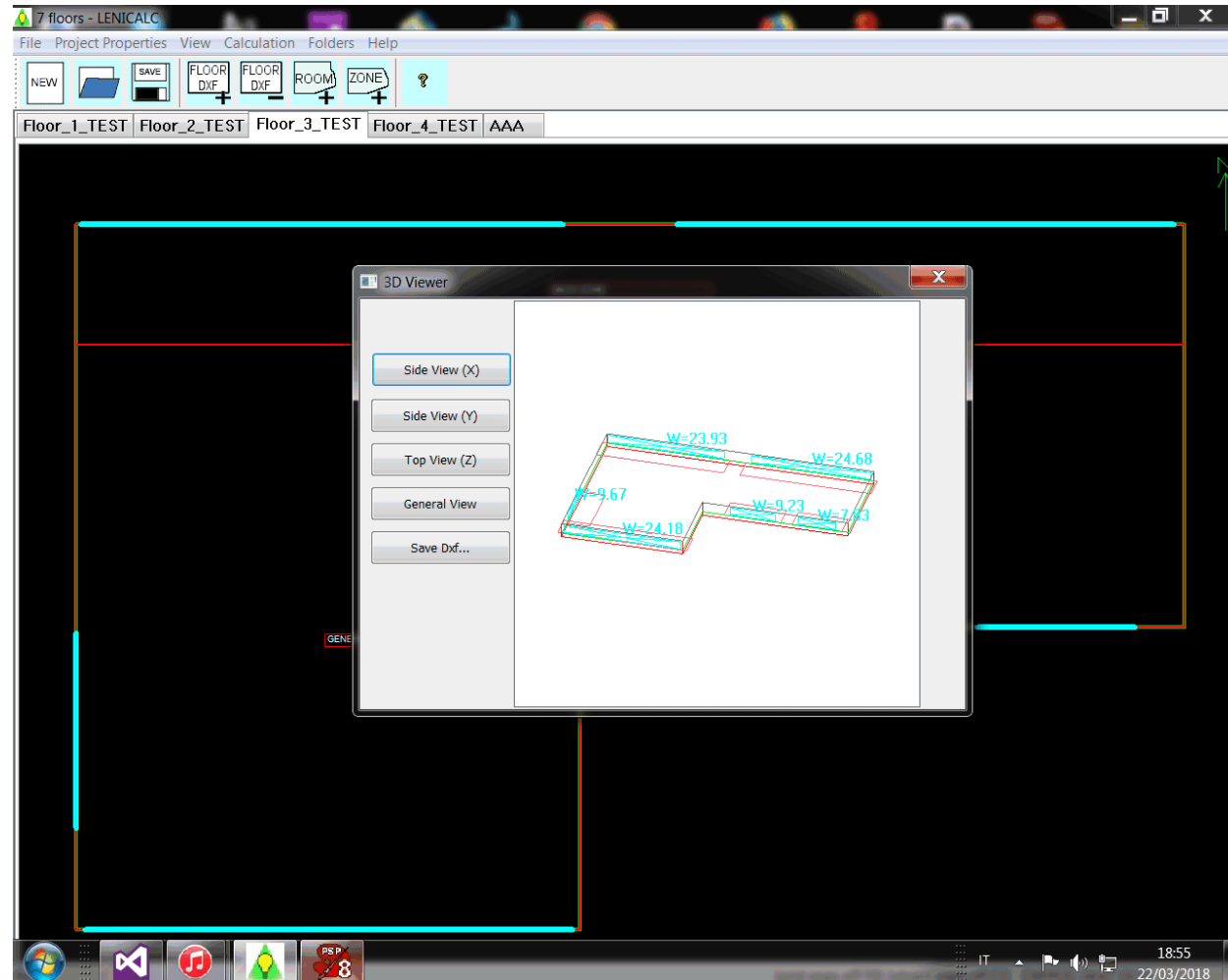
# Flusso logico LENICALC

✓ Sezione “**Zone Properties**”: propedeutica alla definizione delle proprietà delle zone, che afferiscono alla stanza, necessarie per poter procedere con la configurazione del progetto.



# Flusso logico LENICALC

- ✓ Sezione **“Windows Properties”** (vertical façade): propedeutica all’inserimento delle finestre ed alla loro caratterizzazione.
- ✓ Sezione **“Roof light Properties”**: propedeutica all’inserimento dei lucernari ed alla loro caratterizzazione.



# Flusso logico LENICALC

- ✓ Sezione **“Edit zone Luminares”**: propedeutica alla definizione, per ogni zona, della quantità e tipologia di apparecchi di illuminazione prevista nel progetto (potenza installata, potenza parassita, descrizione, sistemi di controllo, etc.).
- ✓ Sezione **“Energy calculation”**: propedeutica al calcolo del LENI annuale per l’edificio, del Sub-Leni annuale del piano o della stanza, dell’energia specifica mensile dell’edificio, del piano e della stanza.

Yearly Calculation

"Installed" Power, Pn: 823.00 W Area: 550.00 m<sup>2</sup>

Constant Illum. Dep. Factor, Fc: Fc Dcaj: Procedure 1, superimposed areas

Occupancy Dependency Factor, Fo: 1.000 Dcaj: IDC\_DCAJCALC\_T

Daylight Dependency Factor, Fd: Fd Daylight Absence Time, tn: 2000 h

Daylight Time, td: 3000 h

Energy for illumination, WL: [ ]

Charging and Standby Energy, WP: 3457.74 kWh

Total Energy, W: 251179.09 kWh

sub-LENI for this room: [ ]

January July  
February August  
March September  
April October  
May November  
June December

OK

LENI=7.505

Yearly Building Energy: 46533.19 kWh

Area: 6200.00 m<sup>2</sup>

LENI=7.505

January July  
February August  
March September  
April October  
May November  
June December

OK

Monthly Specific Energy=0.637 (November)

November Building Energy: 3947.63 kWh

Area: 6200.00 m<sup>2</sup>

Monthly Specific Energy=0.637 (November)

OK



Laura Blaso  
laura.blaso@enea.it

1101 0110 1100  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000  
GRAZIE PER L'ATTENZIONE