



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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Sviluppo di un software applicativo per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario

*W. Grassi, D. Testi, E. Menchetti, P. Conti, D. Della Vista, E. Schito,
G. Fasano, P. Signoretti*



Università di Pisa

Report RdS/2012/110

SVILUPPO DI UN SOFTWARE APPLICATIVO PER L'AUDIT ENERGETICO NEGLI EDIFICI AD USO RESIDENZIALE E TERZIARIO

W. Grassi, D. Testi, E. Menchetti, P. Conti, D. Della Vista, E. Schito – Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE), Università di Pisa

G. Fasano, P. Signoretti – ENEA

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore Civile

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

Indice generale

SOMMARIO.....	4
INTRODUZIONE AL LAVORO	5
REPORT DI FASE A, “REVISIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO IN BASE AGLI AGGIORNAMENTI NORMATIVI”	6
REPORT DI FASE B, “SVILUPPO DEL SOFTWARE APPLICATIVO PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI (SEAS), MANUALE D’USO”	106
REPORT DI FASE C, “ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL SOFTWARE SEAS A DUE CASI STUDIO”	245
CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	250
REFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	251
APPENDICE	253

SOMMARIO

Il presente rapporto descrive sinteticamente i risultati dell'attività di ricerca svolta in collaborazione tra Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE) dell'Università di Pisa ed ENEA, dal titolo "Sviluppo di un software applicativo per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario". Tale ricerca rientra all'interno delle attività previste dal Piano Triennale della Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale e si riferisce, nello specifico, all'Accordo di Programma MSE-ENEA, Piano Annuale di Realizzazione 2011 nell'ambito dell'Area "Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica", progetto "Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile", obiettivo "Edifici tipo, indici di benchmark di consumo per tipologie di edificio, applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani".

L'obiettivo di tale attività di ricerca è lo sviluppo di un software applicativo che risponda all'esigenza, sempre più sentita a livello nazionale ed internazionale, di effettuare diagnosi energetiche degli edifici, per individuarne i reali fabbisogni energetici e verificare la possibilità di riduzione degli stessi tramite opportuni interventi di riqualificazione. La metodologia di diagnosi energetica è stata sviluppata nell'ambito di un precedente accordo di collaborazione, intitolato "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici residenziale e terziario" e riferito allo stesso Accordo di Programma MSE-ENEA. Tale approccio tende all'unificazione e alla semplificazione dei metodi di calcolo delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio e delle utenze ed impianti termici ed elettrici ad esso asserviti, incluso il contributo delle eventuali fonti rinnovabili impiegate (solare termico, fotovoltaico, generatori di calore a biomassa, pompe di calore geotermiche). Le procedure di calcolo sono state aggiornate alla luce dei recenti sviluppi normativi (in particolare: pubblicazione delle norme UNI/TS 11300-4:2012, UNI EN 14825:2012 e UNI CEI/TR 11428:2011 ed apertura dell'inchiesta pubblica sulla norma UNI/TS 11300-1). Come concordato, si è concentrata l'attenzione sugli edifici ad uso residenziale e terziario serviti da impianti ad acqua (con la sola eccezione dell'aggiunta delle pompe di calore ad espansione diretta), analizzando i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria e i carichi elettrici, inclusa l'illuminazione.

Il software, in grado di implementare la suddetta metodologia di calcolo ed effettuare un corretto audit energetico, è stato sviluppato su piattaforma Microsoft Excel (compatibile con la versione 2007 o successive), con programmazione in ambiente Visual Basic. L'applicativo è stato opportunamente testato e, per quanto concerne gli output energetici, è stato validato effettuando le diagnosi energetiche di due edifici con destinazioni d'uso residenziale e terziario, come previsto dall'accordo. Come vedremo di seguito, i risultati della procedura di calcolo proposta sono congruenti coi dati reali di fatturazione energetica dei due casi studio.

Il nome scelto per l'applicativo è **SEAS**, acronimo di **Software Energetico per Audit Semplificati** o, in lingua inglese, **Simplified Energy Auditing Software**.

INTRODUZIONE AL LAVORO

L'audit energetico è una procedura volta all'analisi di un edificio dal punto di vista energetico al fine di valutare l'efficienza del sistema ed evidenziare i punti di maggiore criticità sui quali si può agire per ottenere una diminuzione della richiesta di energia primaria. A differenza della certificazione energetica, la procedura di audit risulta più precisa, in quanto tiene conto delle effettive condizioni di utilizzo del locale. La certificazione energetica, infatti, è riferita a condizioni standard di utilizzo: i suoi risultati sono delle indicazioni di massima riguardanti il sistema edificio - impianto - ambiente esterno, per cui risulta difficile individuare i sottosistemi per i quali sarebbero necessari miglioramenti. La procedura di diagnosi, d'altro canto, analizza in dettaglio l'intero sistema, che quindi viene studiato non in maniera standard, ma in condizioni reali. A titolo esemplificativo, una differenza tra la procedura di certificazione e quella di diagnosi energetica è la temperatura di termostatazione (set-point) per i mesi invernali. La Normativa attualmente in vigore, infatti, prevede per la maggior parte delle destinazioni d'uso una temperatura di set-point pari a 20°C e tale valore viene utilizzato per la certificazione energetica. In una procedura di diagnosi energetica, invece, la temperatura di set-point da utilizzare è quella effettivamente scelta dall'utente, che può essere diversa da quella prevista dalla Normativa. È ovvio che, nel caso in questione, la stima dei fabbisogni energetici richiesti per il riscaldamento dell'edificio sarà molto più realistica nel caso di diagnosi. L'accordo di collaborazione tra DESE dell'Università di Pisa ed ENEA prevede l'individuazione delle procedure di calcolo da seguire e lo sviluppo di un software applicativo per aiutare l'auditor nell'esecuzione di una corretta diagnosi energetica.

Il presente rapporto tecnico è suddiviso in 3 macro-sezioni, riferibili alle 3 fasi previste dall'accordo di collaborazione:

- FASE A "Revisione della procedura di calcolo in base agli aggiornamenti normativi"
- FASE B "Sviluppo del software applicativo per la diagnosi energetica degli edifici (SEAS), Manuale d'uso"
- FASE C "Esempio di applicazione del software SEAS a due casi studio"

REPORT DI FASE A, “REVISIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO IN BASE AGLI AGGIORNAMENTI NORMATIVI”

INDICE RELATIVO AL REPORT DI FASE A

REPORT DI FASE A, “REVISIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO IN BASE AGLI AGGIORNAMENTI NORMATIVI”	8
SIMBOLOGIA UTILIZZATA NEL REPORT DI FASE A	9
<i>CAPITOLO 3 – INVOLUCRO EDILIZIO e relativa APPENDICE.....</i>	<i>9</i>
<i>CAPITOLO 4 – IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACS</i>	<i>10</i>
<i>CAPITOLO 5 – ILLUMINAZIONE ED ALTRE UTENZE ELETTRICHE e relativa APPENDICE.....</i>	<i>13</i>
<i>CAPITOLO 6 – PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI e relativa Appendice</i>	<i>14</i>
CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE.....	15
1.1 <i>Finalità.....</i>	<i>15</i>
1.2 <i>Quadro normativo di riferimento</i>	<i>15</i>
1.3 <i>Generalità sulla figura dell’auditor e sulla diagnosi energetica</i>	<i>18</i>
CAPITOLO 2 – ANALISI DEL SITO E DELL’UTENZA.....	19
2.1 <i>Dati climatici</i>	<i>19</i>
2.2 <i>Analisi del sito</i>	<i>19</i>
2.3 <i>Trattamento dati di fatturazione</i>	<i>19</i>
CAPITOLO 3 – INVOLUCRO EDILIZIO	29
3.1 <i>Dispersioni attraverso ponti termici</i>	<i>29</i>
3.2 <i>Dispersioni verso ambienti non climatizzati</i>	<i>29</i>
3.3 <i>Dispersioni attraverso il terreno</i>	<i>30</i>
3.4 <i>Ventilazione.....</i>	<i>33</i>
CAPITOLO 4 – IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE ACS.....	40
4.1 <i>Generalità sulle modalità di ripartizione del fabbisogno energetico in caso di sistemi pluri-valenti/pluri-energetici di generazione e in caso di asservimento multi zona</i>	<i>40</i>
4.2 <i>Perdite di distribuzione.....</i>	<i>40</i>
4.3 <i>Perdite di generazione.....</i>	<i>48</i>
4.4 <i>Pompe di calore</i>	<i>55</i>
CAPITOLO 5 – ILLUMINAZIONE E UTENZE ELETTRICHE	57
5.1 <i>Metodo di calcolo dettagliato per i consumi di illuminazione</i>	<i>57</i>
5.2 <i>Caratterizzazione dei consumi elettrici in ambito residenziale e terziario.....</i>	<i>78</i>
CAPITOLO 6 – PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI.....	85
CAPITOLO 7 – METODI PIU’ ACCURATI PER LA STIMA DEI FLUSSI ENERGETICI.....	91
CAPITOLO 8 - VISUALIZZAZIONE DEI DATI DI CONSUMO E REPORT CONCLUSIVO	92
APPENDICE I.....	95

<i>Ulteriori modifiche apportate dalla UNI/TS 11300-1 (versione 19/12/2011).....</i>	<i>95</i>
<i>in materia di involucro edilizio.....</i>	<i>95</i>
APPENDICE II.....	97
<i>Ulteriori modifiche apportate dalla UNI/TS 11300-2 (versione 05/12/2011).....</i>	<i>97</i>
<i>in materia di impianti di riscaldamento e produzione di ACS.....</i>	<i>97</i>
APPENDICE III.....	98
<i>Impianti fotovoltaici</i>	<i>98</i>
<i>Impianti solari termici</i>	<i>99</i>
<i>Generatori di calore a biomasse.....</i>	<i>101</i>
APPENDICE IV	104
<i>Livello di illuminamento richiesto per ogni ambiente in funzione del tipo di attività svolta (da UNI/TS 11300-2, revisione del 19/03/2012)</i>	<i>104</i>
<i>Metodo di calcolo semplificato per il calcolo della potenza installata per illuminazione artificiale</i>	<i>105</i>

SIMBOLOGIA UTILIZZATA NEL REPORT DI FASE A

CAPITOLO 3 – INVOLUCRO EDILIZIO e relativa APPENDICE

A	Area	[m ²]
A _n	Area netta	[m ²]
A _{ow}	Area della superficie apribile della finestra	[m ²]
A _w	Superficie del serramento completamente aperto	[m ²]
B'	Dimensione caratteristica del pavimento	[m]
b _{tr}	Fattore correttivo per trasmissione	[-]
c _k , f _{ve} , V	Vari coefficienti correttivi	[-]
d	Spessore equivalente generico	[m]
d _g	Spessore equivalente dell'intercapedine	[m]
d _t	Spessore equivalente del pavimento	[m]
d _w	Spessore equivalente delle pareti	[m]
e	Coefficiente di esposizione al vento	[-]
f _w	Coefficiente di schermatura del vetro	[-]
G _w	Coefficiente di falda freatica	[-]
H	Coefficiente globale di scambio termico	[W/(m ² K)]
h	Altezza locale (parte non interrata)	[m]
H _{iu}	Coefficiente globale di scambio termico tra interno e ambiente non climatizzato	[W/(m ² K)]
h _{ow}	Altezza dell'area libera della finestra	[m]
H _{ue}	Coefficiente globale di scambio termico tra esterno e ambiente non climatizzato	[W/(m ² K)]
L	Coefficiente di accoppiamento termico	[W/K]
l	Lunghezza	[m]
L	Coefficiente di accoppiamento termico	[W/K]
n	Tasso di ricambio	[h ⁻¹]
n ₅₀	Coefficiente di ricambio	[-]
n _p	Numero di persone previsto	[-]
P	Perimetro	[m]
q _p	Portata di aria esterna	[m ³ /h]
q _s	Portata di aria di estrazione	[m ³ /h]
q _{ve}	Portata d'aria di ventilazione	[m ³ /h]
R	Resistenza termica	[mK/W]
R _f	Resistenza termica pavimento	[m ² K/W]
R _{se}	Resistenza liminare esterna	[m ² K/W]
R _{si}	Resistenza liminare interna	[m ² K/W]
R _w	Resistenza termica pareti	[m ² K/W]
t	Tempo	[h]
t _{ap}	Tempo di apertura dei serramenti	[h]
U	Trasmittanza termica	[W/(m ² K)]
U _f	Trasmittanza termica tra interno e spazio sotto pavimento	[W/(m ² K)]
U _g	Trasmittanza termica attraverso il terreno	[W/(m ² K)]
U _w	Trasmittanza termica dell'intercapedine	[W/(m ² K)]
U _x	Trasmittanza termica equivalente per l'intercapedine	[W/(m ² K)]
V	Volume	[m ³]
v _m	Velocità media del vento a 10 m di altezza	[m/s]
w	Spessore pareti	[m]
z	Profondità del locale interrata	[m]

Simbologia greca		
α	Angolo di apertura della finestra	[°]
γ_c	Rapporto apporti/dispersioni in condizioni di raffrescamento	[-]
γ_H	Rapporto apporti/dispersioni in condizioni di riscaldamento	[-]
θ_e	Temperatura esterna	[°C]
θ_i	Temperatura interna	[°C]
θ_{sup}	Temperatura di immissione dell'aria dal ventilatore	[°C]
λ	Conduktività termica del terreno	[W/(mK)]
ϕ	Flusso termico	[W]
χ	Trasmittanza termica puntuale	[W/K]
ψ	Trasmittanza termica lineica	[W/(mK)]

CAPITOLO 4 – IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE DI ACS

b_g	Fattore di riduzione della temperatura del locale in cui è ubicato il sistema di generazione	[-]
c_p	Calore specifico dell'acqua	[kJ/kgK]
d_j	Diametro interno dell'isolante	[m]
d_n	Diametro esterno complessivo della tubazione isolata	[m]
d_0	Diametro esterno della tubazione	[m]
E	Interasse delle tubazioni	[m]
FC	Fattore di carico	[-]
FC_{ux}	Fattore di carico a potenza effettiva	[-]
H	Potere calorifico inferiore del combustibile	
HUM_{air}	Umidità dell'aria comburente	[%]
HUM_{fl}	Umidità dei fumi di scarico	[%]
L	Lunghezza del tratto di tubazione	[m]
n	Esponente della curva caratteristica del corpo scaldante	[-]
k_{rh}	Coefficiente di recuperabilità delle perdite di distribuzione	[-]
$M_{H_2O,cond}$	Quantità di acqua presente nei fumi di scarico di caldaie a condensazione	[kg/Nm ³]
N_{moduli}	Numero di moduli nei generatori modulari	[-]
$P_{nom,module}$	Potenza nominale di ogni modulo nei generatori modulari	[W]
$P_{nom,min,module}$	Potenza nominale minima di ogni modulo nei generatori modulari	[W]
$O_{2,fl,dry,min}$	Tenore di ossigeno dei fumi alla potenza minima	[%]
$O_{2,fl,dry}$	Tenore di ossigeno dei fumi alla potenza nominale	[%]
P_{ACS}	Potenza richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria	[W]
$P_{aux,af}$	Potenza degli ausiliari a valle del focolare	[W]
$P_{aux,br}$	Potenza degli ausiliari a monte del focolare	[W]
$P_{aux,Pn}$	Potenza degli ausiliari a pieno carico	[W]
$P_{aux,Pint}$	Potenza degli ausiliari a carico intermedio	[W]
$P_{aux,Po}$	Potenza degli ausiliari a carico nullo	[W]
$P_{aux,Pg}$	Potenza degli ausiliari a carico effettivo	[W]
$P_{br,min}$	Potenza degli ausiliari alla potenza minima	[W]
$P_{br,max}$	Potenza degli ausiliari alla potenza massima	[W]
$P'_{ch,on,min}$	Perdite al camino a bruciatore acceso a potenza minima	[%]

$P'_{ch,on,max}$	Perdite al camino a bruciatore acceso a potenza massima	[%]
P_g	Potenza richiesta al generatore	[W]
$p_{g,env}$	Frazione di perdite di generazione dovute agli ausiliari recuperate	[-]
$P'_{g,env}$	Perdite al mantello in condizioni di prova	[%]
$P_{g,min}$	Potenza termica minima al focolare	[W]
P_{int}	Potenza termica utile nominale a carico intermedio	[W]
P_n	Potenza nominale massima al generatore	[W]
$P_{em,nom}$	Potenza nominale dei terminali	[W]
$P_{nom,min}$	Potenza termica minima al focolare	[W]
$P'_{ch,off}$	Perdite al camino a bruciatore spento in condizioni di prova	[%]
$P'_{ch,on}$	Perdite al camino a bruciatore acceso in condizioni di prova	[%]
Q'	Fabbisogno di energia per riscaldamento e/o ACS non soddisfatta dall'impianto solare termico.	[Wh]
$Q_{aux,d}$	Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari del sistema di distribuzione.	[Wh]
$Q_{aux,g,rh}$	Energia recuperabile dall'energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione	[Wh]
$Q_{aux,Pg}$	Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari del sistema di generazione in condizioni di potenza effettiva	[Wh]
Q_{cond}	Calore latente di condensazione per l'acqua	[kWh/Nm ³]
$Q_{d,lrh}$	Perdite termiche di distribuzione recuperate	[Wh]
$Q_{d,l}$	Perdite termiche di distribuzione	[Wh]
Q_{distr}	Fabbisogno energetico richiesto al sottosistema di distribuzione	[Wh]
$Q_{distr,ACS}$	Fabbisogno di energia per ACS a monte del circuito di distribuzione	[Wh]
Q_{em}	Fabbisogno di energia per l'alimentazione dei terminali di emissione	[Wh]
$Q_{env,g,rh}$	Energia recuperabile dall'involucro del generatore	[Wh]
$Q_{g,in}$	Fabbisogno di energia per combustione	[Wh]
Q_{gen}	Fabbisogno di energia richiesto al sistema di generazione	[Wh]
$Q_{g,l,Pg}$	Perdite di generazioni per la potenza effettiva	[Wh]
R	Fattore di recupero termico per caldaie a condensazione	[%]
t_{ACS}	Tempo di attivazione per la produzione di ACS	[s]
t_{em}	Tempo di attivazione dei terminali	[s]
t_g	Tempo di attivazione del generatore	[s]
t_{mese}	Durata del mese	[h]
t_{off}	Tempo di funzionamento del generatore con fiamma del bruciatore spento	[s]
t_{on}	Tempo di funzionamento del generatore con fiamma del bruciatore acceso	[s]
U_i	Trasmittanza termica lato interno del componente in cui è presente la tubazione	[W/(m ² K)]
U_e	Trasmittanza termica lato esterno del componente in cui è presente la tubazione	[W/(m ² K)]
V_{distr}	Portata presente nel circuito di distribuzione	[m ³ /h]
V_g	Portata presente nel circuito di generazione	[m ³ /h]
V_{utz}	Portata presente nella rete di utenza	[m ³ /h]
X_{SC}	Efficienza dello scambiatore	[-]

Simbologia greca		
α_{air}	Coefficiente di scambio termico con l'aria	[°]
$\Delta\theta_{nom}$	Salto termico dell'unità terminale in condizioni di progetto	[°C]
η_{distr}	Rendimento di distribuzione	[-]
$\eta_{g,Pn}$	Rendimento a potenza nominale	[-]
$\eta_{g,Pint}$	Rendimento a potenza intermedia	[-]
$\eta_{g,Pn,cor}$	Rendimento corretto a potenza nominale	[-]
$\eta_{g,Pint,cor}$	Rendimento corretto a potenza intermedia	[-]
$\theta_{a,g}$	Temperatura dell'aria in cui è installato il generatore	[°C]
θ_a	Temperatura dell'aria in cui è localizzata la tubazione di distribuzione	[°C]
$\theta_{w,avg}$	Temperatura media nel tratto di tubazione in esame	[°C]
$\theta_{w,avg,em}$	Temperatura media nel corpo scaldante	[°C]
$\theta_{set-point}$	Temperatura di set point interna	[°C]
$\theta_{f,cl,...}$	Temperatura di mandata per il punto ... per la regolazione climatica in centrale termica	[°C]
$\theta_{f,em}$	Temperatura dell'acqua di mandata al corpo scaldante	[°C]
$\theta_{r,em}$	Temperatura dell'acqua di ritorno al corpo scaldante	[°C]
$\theta_{f,utz}$	Temperatura dell'acqua di mandata nella rete di utenza	[°C]
$\theta_{r,utz}$	Temperatura dell'acqua di ritorno nella rete di utenza	[°C]
$\theta_{g,avg}$	Temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni effettive	[°C]
$\theta_{g,test,avg}$	Temperatura media nella caldaia in condizioni di prova	[°C]
$\theta_{g,test,Pint}$	Temperatura media dell'acqua nel generatore a potenza intermedia in condizioni di prova	[°C]
$\theta_{g,test,Pn}$	Temperatura media dell'acqua nel generatore a potenza nominale in condizioni di prova	[°C]
$\theta_{f,distr}$	Temperatura dell'acqua di mandata nel circuito di distribuzione	[°C]
$\theta_{r,distr}$	Temperatura dell'acqua di ritorno nel circuito di distribuzione	[°C]
$\theta_{f,g}$	Temperatura dell'acqua di mandata nel circuito di generazione	[°C]
$\theta_{r,g}$	Temperatura dell'acqua di ritorno nel circuito di generazione	[°C]
$\theta_{e,cl,...}$	Temperatura esterna del punto ... per la regolazione climatica in centrale termica	[°C]
θ_{fl}	Temperatura di scarico dei fumi	[°C]
$\theta_{fl,min}$	Temperatura di scarico dei fumi a potenza minima di focolare	[°C]
θ_{ACS}	Temperatura media dell'acqua calda sanitaria	[°C]
$\theta_{g,w,r}$	Temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore	[°C]
λ	Conducibilità dello strato isolante	[W/(mK)]
$\Phi_{g,l,Po}$	Perdite termiche a carico nullo	[W]
$\Phi_{g,Pint}$	Perdite termiche a potenza intermedia	[W]
$\Phi_{g,Pn}$	Perdite termiche a potenza nominale	[W]
$\Phi_{g,l,Pn,cor}$	Perdite termiche corrette a potenza nominale	[W]
$\Phi_{g,l,Pint,cor}$	Perdite termiche corrette a potenza intermedia	[W]
$\Phi_{g,l,Po,cor}$	Perdite termiche corrette a potenza nulla	[W]
$\Phi_{ch,on,min}$	Perdita alla potenza minima al focolare	[W]

CAPITOLO 5 – ILLUMINAZIONE ED ALTRE UTENZE ELETTRICHE e relativa APPENDICE

A	Area	[m ²]
a	Lunghezza	[m]
a _D	Profondità di illuminazione	[m]
b	Larghezza	[m]
c _{D,S}	Fattore di redistribuzione mensile	[-]
D _c	Fattore di luce diurna	[-]
E	illuminamento	[lux]
F _A	Fattore di proporzionalità dell'occupazione	[-]
F _c	Fattore di illuminamento costante	[-]
F _D	Fattore di dipendenza dalla luce naturale	[-]
F _{D,C}	Fattore di correzione della disponibilità di luce diurna	[-]
F _{D,S}	Fattore di disponibilità di luce diurna	[-]
F _o	Fattore di presenza	[-]
F _{oc}	Fattore di occupazione	[-]
h	altezza	[m]
h _{LI}	Altezza dell'architrave della finestra	[m]
h _s	Differenza tra l'altezza del locale e l'altezza del piano di lavoro	[m]
h _{TA}	Altezza del piano di lavoro	[m]
h _u	Altezza utile tra piano di lavoro e apparecchio illuminante	[m]
I _{CA}	Indice di ostruzione per cortili e atri	[-]
I _{De}	Indice di profondità	[-]
I _o	Indice di ostruzione totale	[-]
I _{OB}	Indice di ostruzione lineare	[-]
I _{OV}	Indice di ostruzione per sporgenze orizzontali	[-]
I _T	Indice di trasparenza	[-]
I _{VF}	Indice di ostruzione per sporgenze verticali	[-]
K	Indice del locale	[-]
K	Vari coefficienti	[-]
LLMF	fattore di manutenzione del flusso luminoso	[-]
LMF	fattore di manutenzione dell'apparecchio	[-]
LSF	fattore di durata delle lampade	[-]
P _{em}	Potenza richiesta dai dispositivi di emergenza	[kW]
P _n	Potenza nominale dei vari apparecchi	[kW]
P _{pc}	Potenza richiesta dai sistemi di controllo	[kW]
RSMF	fattore di manutenzione del locale	[-]
S	Superficie	[m ²]
t _d	Tempo di disponibilità dell'illuminazione naturale	[h]
t _{em}	Tempo di carica delle batterie	[h]
t _N	Tempo di non disponibilità dell'illuminazione naturale	[h]
W	Energia elettrica	[kWh]
W _L	Energia elettrica per illuminazione	[kWh]
W _P	Energia elettrica per illuminazione di emergenza e standby degli apparecchi elettrici	[kWh]

Simbologia greca		
γ	Angolo	[rad]
φ	Latitudine	[°]
Φ	Flusso luminoso	[lm]
μ	Efficacia luminosa	[lm/W]
η	Fattore di utilizzo	[-]
τ	Trasmittanza termica	[W/(m ² K)]

**CAPITOLO 6 – PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI e relativa
Appendice**

G_0	Costante solare	[W/m ²]
H	Irradiazione solare globale	[MJ/m ²]
H_b	Irradiazione solare diretta	[MJ/m ²]
H_d	Irradiazione solare diffusa	[MJ/m ²]
H_h	Irradiazione solare globale su piano orizzontale	[MJ/m ²]
H_{ho}	Irradiazione solare extra atmosferica	[MJ/m ²]
I_{sol}	Irradianza solare	[W/m ²]
K_{pk}	Fattore potenza di picco per pannelli FV	[-]
K_T	Indice di soleggiamento reale	[-]
n	Giorno dell'anno	[-]
P	Potenza termica prodotta	[kW]
Q	Fabbisogno energetico	[kWh]
R	Fattore correttivo	[-]
T	Temperatura	[°C]
t_{aux}	Tempo di funzionamento degli ausiliari	[h]
V	Volume	[m ³]
Simbologia greca		
α	Altezza solare	[°]
β	Inclinazione della superficie	[°]
γ	Azimut	[°]
δ	Declinazione	[°]
θ	Riflettanza (albedo)	[-]
ω	Angolo orario	[°]

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE

1.1 Finalità

Le modalità tramite le quali si può eseguire una corretta diagnosi energetica degli edifici ad uso residenziale e terziario sono argomento di varie Normative nazionali ed internazionali. Tali metodologie di calcolo devono costantemente essere aggiornate e modificate: spesso gli aggiornamenti normativi riguardano solamente parametri di calcolo ri-definiti per fornire risultati quanto più possibile realistici; in certi casi, tuttavia, vengono proposte anche metodologie del tutto innovative, frutto dei più recenti studi scientifici e di ricerca, a completa sostituzione di quelle precedenti. Risulta quindi necessario, all'auditor che si occupa di diagnosi energetica, avere sempre a disposizione documenti aggiornati che riportino le procedure di calcolo aggiornate in conformità con la Normativa vigente.

Il presente rapporto si colloca, all'interno dell'Attività di Ricerca dal titolo "Sviluppo di un software applicativo per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario" (prevista dall'Accordo di collaborazione tra ENEA e Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi - DESE - dell'Università di Pisa), come un report di Fase A contenente tutti i fondamentali aggiornamenti normativi vigenti in materia di audit energetico, escludendo il regime di raffrescamento e gli edifici dotati di impianti aeraulici. Tale documento è redatto a completamento della precedente attività, dal titolo "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici residenziale e terziario", svolta sempre dal DESE nell'ambito dell'Accordo di Programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MSE) ed ENEA (Piano Triennale della Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale 2009-2011 - Piano Annuale di Realizzazione (PAR) 2008-2009, Area "Razionalizzazione e Risparmio nell'uso dell'energia elettrica").

L'attività di ricerca in questione, oggetto dell'Accordo di Collaborazione tra ENEA e Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi dell'Università di Pisa, prevede inoltre lo sviluppo di un applicativo con il quale esaminare i servizi di climatizzazione invernale, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione ed altre utenze elettriche degli edifici ad uso residenziale e terziario (dotati di impianti di riscaldamento ad acqua) ed effettuare una corretta diagnosi energetica. Tutte le ipotesi semplificative dei modelli descritti in questo rapporto che verranno poi adottate per l'implementazione nel software applicativo saranno elencate e giustificate nella relazione tecnica relativa alla successiva Fase B dell'attività di ricerca.

1.2 Quadro normativo di riferimento

Le procedure di calcolo per effettuare una corretta diagnosi energetica sono argomento di varie Normative nazionali ed internazionali, ognuna delle quali, sebbene copra nella maggior parte dei casi solamente alcuni temi ben definiti e specifici, rimanda ad altre direttive. È infatti ovvio che, per quanto un argomento possa essere analizzato specificatamente, non si può prescindere da un'analisi globale del sistema, nel quale tutti i campi di indagine risultino fortemente intrecciati tra loro. A tal proposito, la Norma UNI CEI EN ISO 50001:2011, a differenza delle Normative specifiche che trattano di metodologie per la diagnosi energetica, riporta le direttive generali in materia di gestione di energia. Tale Norma sostituisce la UNI CEI EN ISO 16001:2009 e impone, per gli enti cui è rivolta, direttive più stringenti per il conseguimento degli obiettivi di efficienza energetica previsti dalle precedenti normative, ad oggi non ancora raggiunti; inoltre, la stesura di questa Direttiva è stata resa necessaria dall'aumento dei costi legati alle Emission Trading.

La UNI CEI EN ISO 50001:2011 si rivolge a enti pubblici e privati e prevede:

- La qualificazione e la certificazione di Enti terzi per l'audit energetico (ESCo, Energy Service Company) sulla base di specifici criteri e schemi stabiliti da ogni Stato;
- L'adozione obbligatoria per grandi imprese e pubblica amministrazione di Sistemi di gestione per l'energia;
- L'obbligo, da parte degli Stati, di approvare dei programmi di Sistemi di gestione per l'energia da applicare alle piccole e medie imprese.

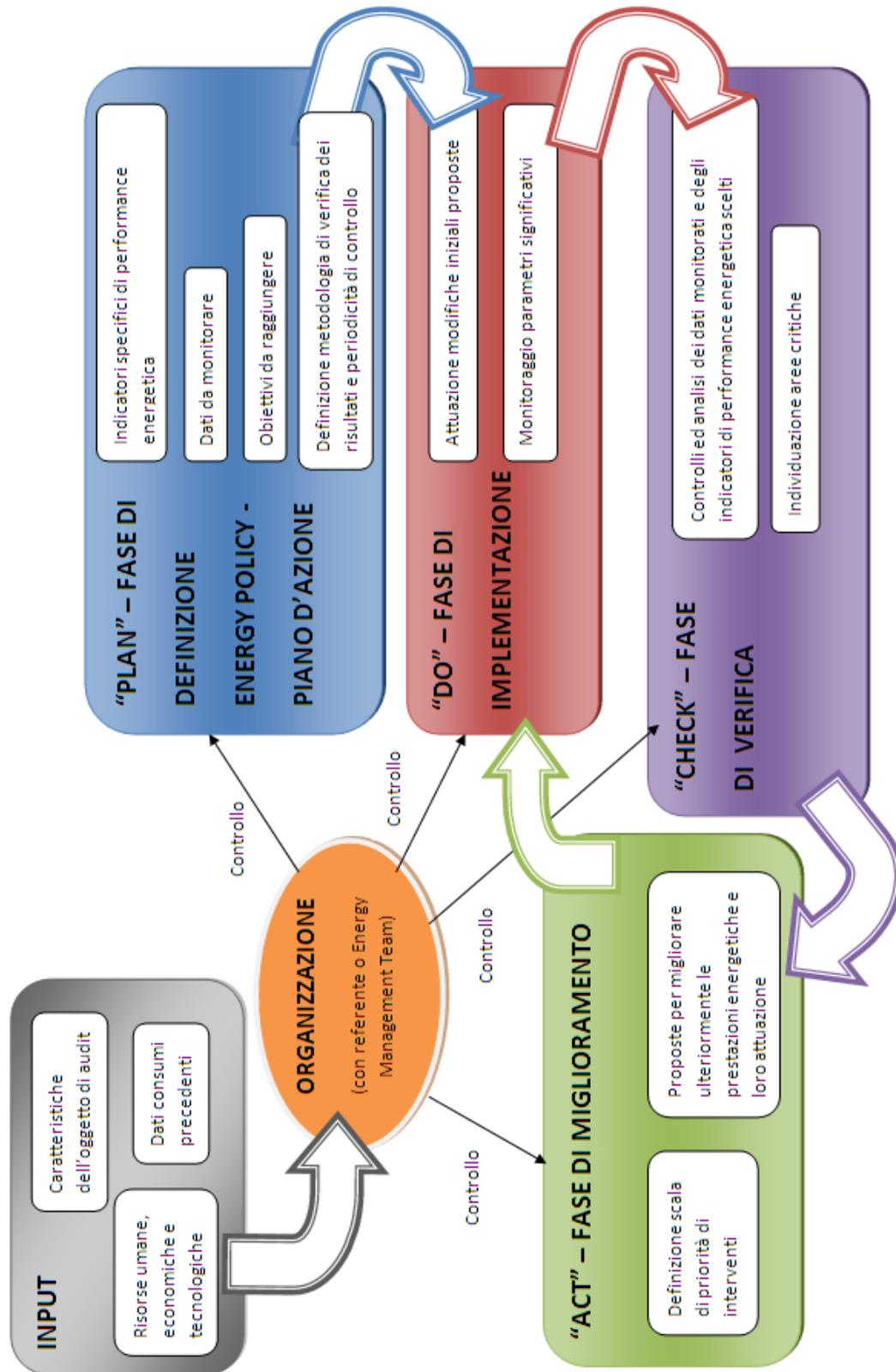
Il generico ente che vuole avviare un programma di gestione energetica individua un'organizzazione (interna od esterna ad essa) appositamente delegata a tale compito. Tale

organizzazione, nominato un referente di adeguate competenze o un Energy management Team, definisce una precisa politica energetica di tipo "Plan - Do - Check - Act". Tale politica, come indica il nome stesso, prevede la stesura di documenti (da aggiornare periodicamente) contenenti il piano d'azione per la gestione dei servizi energetici che, partendo dall'analisi dei consumi passati e presenti e dalla "messa a disposizione" delle caratteristiche principali dell'oggetto dell'audit e di risorse umane, tecnologiche ed economiche, definisce i dati di monitoraggio, gli obiettivi da raggiungere, gli interventi organizzativi, di sensibilizzazione e tecnologici da effettuare e le modalità di verifica dei miglioramenti. La politica energetica prevede, nella fase successiva, l'analisi dei risultati ottenuti, l'individuazione di eventuali aree critiche sulle quali sono possibili ulteriori margini di miglioramento, da effettuarsi secondo una scala di priorità definita dal piano d'azione stesso. Vengono quindi promosse alternative atte a migliorare ulteriormente le prestazioni energetiche.

Le principali modifiche apportate al Sistema di Gestione per l'Energia rispetto al modello previsto dalla UNI CEI EN 16001:2009 sono le seguenti:

- L'indicazione del numero di persone che lavorano all'interno dell'organizzazione non è più necessaria;
- Non sono più previsti costi per gli interventi di miglioramento e ipotesi di rientro degli investimenti in base ai consumi;
- Possono essere adottati dei sistemi di monitoraggio continuo di alcuni indicatori di performance energetica per la verifica dei miglioramenti, da utilizzare sinergicamente con l'analisi dei consumi precedenti;
- Si devono definire delle scale di priorità di intervento.

Si vuole focalizzare l'attenzione sul fatto che la Norma in questione non stabilisce precisi obiettivi da conseguire né procedure standard da seguire: viene delegato all'organizzazione il compito di stilare il piano d'azione più adatto al committente, di individuare gli indicatori di performance energetica più significativi e di scegliere gli obiettivi da raggiungere (come riportato nell'Appendice A, infatti, questi possono essere vari e comunque non equivalenti: ad esempio si può agire su una diminuzione dei consumi, su un miglioramento dell'efficienza energetica, su un recupero di surplus e sprechi...). Lo schema seguente sintetizza quanto previsto dalla nuova UNI CEI EN ISO 50001:2011.



1.3 Generalità sulla figura dell'auditor e sulla diagnosi energetica

La figura centrale nel processo di diagnosi energetica è quella dell'auditor, le cui caratteristiche vengono descritte dettagliatamente nella Norma prEN 16247-1:2011, non ancora recepita, in realtà, dall'UNI in forma definitiva. Comunque le caratteristiche dell'auditor risultano essere le stesse di quelle stabilite dalla UNI CEI EN ISO 50001: 2011. L'auditor (o REDE, Referente della Diagnosi Energetica) che esegue una diagnosi energetica deve infatti essere innanzitutto qualificato secondo le specifiche normative nazionali; deve acquisire tutti i dati necessari per la diagnosi, controllare i processi più dispendiosi o comunque più significativi dal punto di vista energetico ed individuare le aree di inefficienza, proponendo miglioramenti e ulteriori verifiche da implementare nelle fasi successive. Le possibili azioni di miglioramento vengono elencate dalla UNI CEI EN 15900:2010 e devono essere scelte dall'auditor in base ai fattori di aggiustamento e agli indicatori di performance energetica scelti; tra di esse possono esserci, ad esempio:

- azioni per la riduzione del consumo energetico;
- sostituzione o modifica della componentistica tecnologica ed eventuale integrazione con altri impianti o apparecchiature;
- azioni di incremento dell'efficienza energetica;
- modifica della politica di acquisizione di beni e servizi;
- ottimizzazione dei processi di manutenzione e di controllo dei sistemi, dei processi, degli impianti e delle apparecchiature;
- miglioramento di aspetti comportamentali del personale.

Le soluzioni proposte devono essere descritte dall'auditor nella relazione tecnica da fornire al committente al termine della diagnosi; insieme ad esse, l'auditor deve indicare dei quadri temporali di riferimento entro cui verificare l'efficacia delle misure di miglioramento intraprese e le ripercussioni sulla formazione del personale e sulla gestione e manutenzione dei vari sistemi.

I requisiti generali del servizio di diagnosi energetica sono riportati anche nella Norma UNI CEI TR 11428:2011; in particolare, nell'introduzione, viene ribadita l'importanza della diagnosi energetica ai fini del *"miglioramento dell'efficienza energetica, della riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici; del miglioramento della sostenibilità ambientale nella scelta e nell'utilizzo di tali fonti e dell'eventuale riqualificazione del sistema energetico"*. Sempre nell'introduzione vengono descritti gli strumenti da utilizzare per il conseguimento di tali obiettivi (*"razionalizzazione dei flussi energetici, recupero delle energie disperse, individuazione di tecnologie per il risparmio di energia, ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica, gestione dei rischi tecnici ed economici, miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione"*).

CAPITOLO 2 – ANALISI DEL SITO E DELL’UTENZA

Nel momento in cui si vuole effettuare una corretta diagnosi energetica, l’auditor dovrebbe acquisire una serie di dati riguardanti:

- il contesto geografico – climatico in cui l’edificio è inserito;
- le caratteristiche del locale di progetto e quelle effettivamente realizzate;
- le modalità di conduzione del locale da parte dell’utente.

Benché questi dati siano determinanti per una realistica valutazione dei fabbisogni energetici dell’edificio e per un’efficace individuazione dei possibili interventi di risparmio energetico, non esiste, al momento, alcuna Normativa nazionale o internazionale che stabilisca in maniera univoca il modo con cui effettuare l’analisi di questi parametri. Nell’introduzione della revisione della specifica UNI/TS 11300-1 (versione del 02/03/2012) viene consigliato di usare dati di input il più possibile realistici nei vari campi (climatici, di progetto, di utilizzo) nel momento in cui si voglia effettuare una valutazione di tipo A3, definita “adattata all’utenza” o “tailored rating”. Tuttavia non viene espressamente indicata una metodologia di riferimento per l’acquisizione di tali dati.

Nei seguenti paragrafi si farà sempre riferimento, a meno che non sia espressamente indicato, a quanto previsto dalla revisione della Normativa UNI/TS 11300-1, versione 02/03/2012.

2.1 Dati climatici

Secondo quanto riportato nel Capitolo 9, tutti i dati climatici devono essere desunti dalla normativa UNI 10349:1994 e relativi aggiornamenti (per quanto riguarda le temperature medie mensili e l’irradiazione media giornaliera mensile sul piano orizzontale); per l’irradiazione su piani inclinati si deve invece far riferimento alla UNI/TR 11328-1:2009 (dunque anche per il calcolo della produzione di energia elettrica da impianto fotovoltaico, si deve considerare un intervallo mensile, a differenza di quanto stabilito in proposito dalla Normativa UNI EN 15316-4-6:2008). Inoltre, per il calcolo delle prestazioni energetiche in una frazione di mese, si ricorda che i dati presenti in normativa sono riferiti al quindicesimo giorno del mese: il dato climatico medio da utilizzare nel calcolo deve essere ricavato per interpolazione lineare.

2.2 Analisi del sito

La diagnosi energetica deve essere effettuata su una singola zona termica; nel caso in cui la zona di analisi sia servita da uno o più contatori per ogni fonte energetica, si rende necessaria una ripartizione delle spese energetiche tra le varie zone fornite dal medesimo contatore (ad esempio ripartizione millesimale, con contabilizzatori diretti o indiretti o elettrici).

Nel caso in cui non siano disponibili informazioni sul volume netto dell’ambiente climatizzato, il Capitolo 7.4.2 fornisce la possibilità di stimarla utilizzando il valore dell’area climatizzata netta (valutata secondo il procedimento riportato nel Capitolo 7.4.1) e l’altezza netta dei locali: non possono dunque più essere utilizzati i coefficienti moltiplicativi correttivi dei consumi.

2.3 Trattamento dati di fatturazione

Per effettuare una diagnosi energetica, è fondamentale la definizione del bilancio energetico della zona soggetta ad audit. In particolare occorre definire tutti gli ingressi di energia all’interno della zona e stabilirne quanto più precisamente possibile il valore di consumo e di spesa economica.

L’analisi e il trattamento dei dati dei vettori energetici in ingresso alla zona già raccolti dalla fatturazione sono utilizzati per cercare di ottenere informazioni sul profilo caratteristico di assorbimento energetico, per poter verificare la veridicità e la bontà del calcolo di simulazione e infine per poter effettuare delle stime di ritorno economico per interventi di risparmio energetico.

Oltre al trattamento dei dati di fatturazione, occorre raccogliere più informazioni se possibile disaggregate e il più precisamente possibile sulla richiesta energetica per riscaldamento, ventilazione o condizionamento, sul fabbisogno di acqua calda, sulla richiesta di energia elettrica per l’illuminazione ed altri usi dell’utenza considerata. In questo modo si può ricostruire il dettaglio dei consumi a partire dagli usi finali per integrare e verificare i dati di consumo totale ricavati dalla fatturazione.

La prima e principale problematica è quella della corrispondenza dei punti di dispacciamento dei vettori energetici con la zona soggetta ad audit. Analizzare i dati di fatturazione che comprendano consumi anche di altre zone non soggette ad audit presuppone una ripartizione dei consumi tra le varie zone che comporta spesso errori e imprecisioni.

Nel caso si abbiano due utenze che servono in modo esclusivo la zona in oggetto (una per sopperire al carico elettrico, una per quello termico), allora i due ingressi sono univocamente definiti e tutti i consumi presenti in fattura sono imputabili interamente alla zona in oggetto.

Nel caso si abbiano più di due utenze che servono in modo esclusivo la zona in oggetto (una o più per sopperire il carico elettrico, una o più per sopperire il carico termico), allora gli ingressi nella zona sono univocamente determinati dalla somma delle singole utenze per ogni vettore energetico. In tal caso è importante individuare gli impianti o la parte di impianto servita dal singolo contatore, verificando fisicamente quali carichi vengono disalimentati in caso di disattivazione del contatore stesso. Tale prova va effettuata anche in presenza di dati di progetto al riguardo dato che spesso in sede esecutiva dei lavori sopraggiungono imprevisti o cambiamenti e dato che nel tempo, specialmente per l'impianto elettrico, l'alimentazione di alcuni carichi può variare.

Nel caso invece si abbiano numerose utenze servite dallo stesso contatore e quindi che abbiano medesima fatturazione, risulta più problematica la suddivisione precisa dei consumi tra le varie zone. In particolare i criteri di ripartizione basati sulla superficie netta calpestabile (ripartizione millesimale) sono particolarmente approssimati e non adatti ad un riscontro con i risultati della simulazione termica della zona. Nel caso invece di contabilizzatori di calore o di energia elettrica per ogni zona, allora i dati sono molto più attendibili e possono essere monitorati in modo continuo e migliore rispetto a quanto si può fare con i contatori generali di distribuzione del vettore energetico.

Per una diagnosi più dettagliata degli ingressi elettrici e nel caso di grandi assorbimenti (gruppi frigo, pompe di calore o altri dispositivi altamente energivori o di interesse) si consiglia l'installazione di multimetri sul quadro elettrico di cabina o sui quadri di piano, sulla linea di interesse. In tal modo può essere monitorato in modo continuo l'assorbimento effettivo di un carico specifico e può essere scomputato dal totale della fattura energetica. L'eventuale intervento mirato all'efficienza energetica per quel settore (raffrescamento estivo o assorbimento per alimentazione di una pompa di calore o altro) trova così un riscontro diretto e reale per lo studio di fattibilità e per la valutazione a posteriori della bontà dell'intervento realizzato. Infine si ricorda che tali installazioni sono ormai molto diffuse, presentano accettabili costi di realizzazione e spesso presentano caratteristiche di tele gestione e tele lettura che facilitano interventi di controllo oltre che di monitoraggio.

Per un'analisi dettagliata degli assorbimenti di altri vettori energetici invece non appare così necessaria una suddivisione e un sezionamento dell'impianto dato che gli apparecchi alimentati sono molto limitati (principalmente gruppi di generazione e apparecchi ad uso cottura). Risulta però molto più difficile e meno diffuso il monitoraggio continuo dei consumi relativi al contatore. In particolare per la distribuzione del gas metano ad esempio, la maggior parte dei gruppi di misura in commercio non hanno la possibilità di essere tele rilevati, come accade per il vettore elettrico, e quindi le uniche letture effettive e non stimate sono quelle effettuate dal personale della rete di distribuzione del gas con una frequenza (tabella) stabilita dalla delibera 229/01 dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas in funzione del consumo del cliente.

Frequenza della lettura effettiva da parte dell'operatore	Tipologia di clienti
Almeno una volta l'anno	Clienti con consumi fino a 500 metri cubi l'anno
Almeno una volta ogni sei mesi	Clienti con consumi superiori a 500 metri cubi e fino a 5000 metri cubi
Almeno una volta al mese	Clienti con consumi superiori a 5000 metri cubi (ad esclusione dei mesi in cui i consumi storici sono inferiori del 90% ai consumi medi mensili).

Si precisa però che secondo la delibera ARG/gas 155/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, è stato stabilito un programma per la sostituzione di gran parte degli attuali misuratori presenti con altri gruppi di misura tele gestiti e tele letti da remoto. Vengono quindi stabilite delle fasce di apparecchi con requisiti minimi obbligatori per tutte le classi di contatori, e requisiti specifici per alcune classi, nonché la possibilità da parte del cliente di poter anch'esso monitorare il proprio consumo attraverso una uscita ad impulsi, dietro corrispettivo specifico da dare al gruppo di distribuzione. In particolare l'articolo 4 dell' "Allegato A" della delibera definisce una serie di requisiti minimi comuni quali:

- orologio/calendario dei gruppi di misura;
- correzione di temperatura
- registro totalizzatore del prelievo;
- registri totalizzatori del prelievo per fasce multiorarie;
- curva di prelievo;
- salvataggio dei registri totalizzatori del prelievo;
- sicurezza dei dati di prelievo;
- diagnostica;
- display;
- aggiornamento del software di programma dei gruppi di misura;
- transazioni remote.

Inoltre per gruppi di misura di classe uguale o superiore a G10 vengono richiesti:

- correzione di pressione;
- deriva massima mensile dell'orologio/calendario;
- base temporale della curva di prelievo.

Invece per i gruppi di misura di classe inferiore a G10 vengono richiesti:

- deriva massima mensile dell'orologio/calendario;
- base temporale della curva di prelievo;
- elettro-valvola;
- transazioni remote relative a telecomando elettro-valvola.

La delibera stabilisce un calendario di scadenze per l'adeguamento di tutti i gruppi di misura: si riporta soltanto la data del 31 dicembre 2012 entro la quale devono essere adeguati, ed avere i requisiti funzionali minimi previsti, il 100% dei punti di riconsegna con classe del gruppo di misura G10 (portata nominale 10 mc/h) esistenti al 31 dicembre 2011. Tutti i gruppi di misura di classe maggiore dovrebbero essere già stati adeguati. Si usa il condizionale perché non si ha la certezza dell'effettiva sostituzione data la complessità del problema.

L'opportunità fornita al cliente di monitorare il proprio gruppo di misura potrebbe essere molto interessante per chi volesse conoscere e monitorare in modo continuo il proprio consumo di gas metano, nonché controllare la veridicità della fatturazione, specialmente in ambito terziario dove il metodo delle autolettture risulterebbe impraticabile e spesso non si ha il controllo sulla fatturazione energetica.

Trattamento dei dati di fatturazione di energia elettrica

Il vettore elettrico presenta delle buone caratteristiche di monitoraggio dei consumi e chiarezza nella fatturazione: moltissimi contatori su scala nazionale sono ormai tele gestiti e teleletti dalla società di distribuzione per la corretta attribuzione dei consumi alle utenze e la fatturazione presenta sempre un prospetto riassuntivo con tutti i dati storici ripartiti mese per mese, che permettono una chiara visualizzazione dei consumi.

La prima e più semplice analisi dei consumi elettrici collegati ad un punto di dispacciamento consiste nella suddivisione degli stessi per fasce orarie: secondo la delibera dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas n°292/06 che recepisce la direttiva europea 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia elettrica e i servizi energetici, l'Autorità ha reso obbligatoria l'installazione dei misuratori elettronici tele gestiti per i punti prelievo di bassa tensione (monofase e trifase), fissando per la fine del 2011 una percentuale del 95% di misuratori sul totale presente. Ancora precedente è invece, secondo la delibera n°33/05, l'obbligo di installazione per tutti i clienti in media tensione di misuratori atti alla rilevazione dell'energia elettrica per fasce orarie che è scaduto il 31/12/2005.

Tale spinta alla possibilità di tele lettura da parte degli utenti e tele gestione da parte dei distributori (e di conseguenza dei fornitori) ha gettato delle buone basi per l'obbligo da parte dell'Autorità per l' Energia Elettrica e il Gas dell'applicazione di "prezzi biorari" a tutti i clienti domestici che hanno contatore elettronico riprogrammato sulle tre fasce di consumo a partire dal 1° Gennaio 2012 con Delibera ARG/elt n. 122/11.

Nel caso di presenza di impianti di produzione di energia elettrica in regime di scambio sul posto con la rete elettrica nazionale, allora è prevista la sostituzione dei misuratori monodirezionali (quelli normalmente presenti per utenze di prelievo) con misuratori bidirezionali che permettono all'utente e al soggetto distributore (e di conseguenza anche a quello fornitore) di poter controllare i propri flussi energetici prelevati e immessi nella rete.

Tali misuratori (monodirezionali e bidirezionali) permettono all'utente la visualizzazione della potenza attiva assorbita e/o immessa istantaneamente e dell'energia assorbita e/o immessa nel tempo suddivisa per le fasce orarie F1, F2 e F3. Le informazioni sui consumi di energia elettrica attiva e sulla potenza massima prelevata sono quindi riportate in prospetti riassuntivi nella fattura energetica, suddivisi mese per mese e possono essere quindi dati di facile raccolta e analisi.

Tali fasce sono così definite:

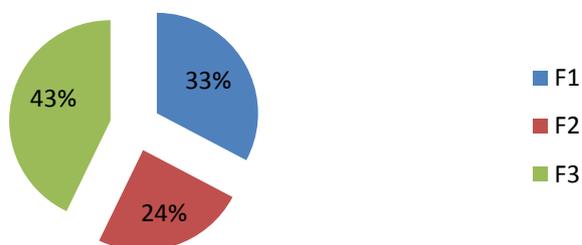
Fascia F1, che va dalle ore 8.00 alle 19.00 dal lunedì al venerdì, per un totale di 55 ore settimanali.

Fascia F2, che va dalle ore 7.00 alle 8.00 e dalle ore 19.00 alle 23.00 dal lunedì al venerdì e dalle ore 7.00 alle 23.00 del sabato, per un totale di 41 ore settimanali.

Fascia F3 che va dalle ore 0.00 alle 7.00 e dalle ore 23.00 alle 24.00 dal lunedì al sabato e tutte le ore della domenica, per un totale di 72 ore settimanali. Si precisa inoltre che appartengono a questa fascia anche tutte le ore di tutti gli altri giorni festivi presenti nell'anno.

Come si può notare dal grafico, complessivamente la somma del numero di ore in fascia F2 e F3 rappresenta circa i due terzi del numero di ore settimanali totali. Si capisce che se vi fosse una potenza costante assorbita durante tutte le ore della settimana, queste due fasce insieme rappresenterebbero quelle di maggior consumo. Senza assumere questa forte ipotesi di potenza costante, anche nel caso di presenza di macchinari di sperimentazione o nel caso di sale server da raffreddare in modo continuo o di altri dispositivi che funzionino H24, la somma delle due fasce non risulterebbe trascurabile. In questa sede, trattando edifici ad uso esclusivamente residenziale o terziario, occorre invece verificare le dimensioni percentuali effettive di questa energia assorbita in periodi non di picco, analizzare i dispositivi che la determinano e studiare le strategie e i controlli per combattere le eventuali diverse inefficienze.

Percentuale delle ore settimanali per fascia di consumo elettrico



Si riportano quindi i principali dati di input da raccogliere dai documenti di fatturazione

Dati di input

Raccolta per almeno gli ultimi 3 anni solari dei dati presenti in tabella (se non si ha la suddivisione per fasce, si raccolga il dato unico di energia o potenza mensile). Si precisa che per reale si intende il consumo o la potenza assorbita effettiva, contrapposto a quello che in fatturazione viene definito stimato.

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale F1 [kWh]												
Consumo energetico reale F2 [kWh]												
Consumo energetico reale F3 [kWh]												
Consumo energetico reale complessivo [kWh]												
Potenza massima assorbita F1 [kW]												
Potenza massima assorbita F2 [kW]												
Potenza massima assorbita F3 [kW]												

Risultati

Come prima analisi, si può effettuare la media annuale del consumo e della spesa economica per verificare se vi sono valori anomali o grandi variazioni. Inoltre è utile effettuare una media mese per mese per ottenere dei valori mensili medi annuali che considerino l'eventuale variabilità del clima o di altre condizioni esterne.

	Valore medio anno 1	Valore medio anno 2	Valore medio anno 3	Valore medio anno ...
Spesa economica [€]				
Consumo energetico reale F1 [kWh]				
Consumo energetico reale F2 [kWh]				
Consumo energetico reale F3 [kWh]				
Consumo energetico reale complessivo [kWh]				
Potenza massima assorbita F1[kW]				
Potenza massima assorbita F2[kW]				
Potenza massima assorbita F3[kW]				

Dati medi sugli anni a disposizione per mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale F1 [kWh]												
Consumo energetico reale F2 [kWh]												
Consumo energetico reale F3 [kWh]												
Consumo energetico reale complessivo [kWh]												
Potenza massima assorbita F1[kW]												
Potenza massima assorbita F2[kW]												
Potenza massima assorbita F3[kW]												

Di conseguenza un dato interessante può essere ricavata a partire dal censimento dei dispositivi elettrici (cap. 5) maggiormente caratteristici o di cui si conosce per certo l'assorbimento e il tempo di utilizzo. In tal modo si riesce a stabilire una base di consumi certi dovuti a tali apparecchi e ad isolare quindi quelli viceversa maggiormente variabili o di interesse.

Inoltre ci possono essere altri possibili trattamenti dei dati di consumo energetico medio mensile da fatturazione:

- Monitorare e verificare manualmente l'assorbimento di un singolo componente spegnendo tutti gli altri e controllando sul misuratore l'andamento dell'energia.
- Definire, mese per mese, l'andamento dell'energia in fascia F3 per individuare la "base" sempre assorbita dovuta, caso per caso, agli ausiliari sempre in funzione o ad altre apparecchiature lasciate in stand-by o ad altro da individuare.
- Determinare sui vari anni il consumo medio di ogni mese e gli scostamenti e per ipotizzare cause e correlazioni (condizioni meteo avverse hanno incrementato l'uso del raffrescamento, cambio di destinazione d'uso, incremento del numero di utenti, nuovi apparecchi installati...).
- Verificare che non vi sia un valore del fattore di potenza minore di 0.9, al di sotto del quale vengono applicate delle sanzioni da Enel Distribuzione. In tal caso verificare il

corretto funzionamento dei dispositivi che possono generare energia reattiva e installare sistemi di rifasamento.

Si capisce che spesso si ha una fatturazione di consumi stimati e che sono molto frequenti conguagli e storni economici che portano ad una certa confusione sia in termini di consumi che contabile.

Trattamento dei dati di fatturazione di gas metano

Al contrario del vettore elettrico, il vettore energetico collegato alla fornitura del gas metano non è altrettanto chiaro sia per il suo monitoraggio che per la sua fatturazione al cliente. Proprio perché le letture da parte degli operatori possono arrivare ad essere anche molto sporadiche (una volta l'anno), il consumo basato sulla differenza tra le letture ripartita sui mesi di pertinenza fornisce spesso valori poco utili e poco veritieri: i consumi di alcuni mesi invernali possono essere distribuiti anche in periodi estivi di non utilizzo soltanto perché le due letture di riferimento sono a cadenza annuale e si è scelta una distribuzione basata sul numero di giorni intercorsi. Anche l'abbinamento di spesa economica di fatturazione e relativi consumi addebitati rischia di dover subire spesso rettifiche e calcoli sulle date, storni e conguagli che complicano il calcolo e che devono essere verificati per evitare eccessivi crediti di consumi mai conguagliati da parte della società di fornitura. Non sono presenti prospetti riassuntivi di consumo mensile, che quindi vanno redatti, dopo un calcolo sulle letture vere, da parte del cliente.

La prima e più semplice analisi dei consumi di gas metanocollegati ad un punto di riconsegna consiste nella suddivisione degli stessi per utilizzo finale e nel cercare di attribuire per ogni destinazione d'uso un periodo veritiero di utilizzo, anche nel caso di letture effettive del contatore molto sporadiche: ad esempio se si sa che il punto di riconsegna alimenta soltanto i gruppi di generazione e che questi sono accesi soltanto nel periodo convenzionale di riscaldamento, allora si attribuisce a questo periodo tutto il consumo delle fatture a prescindere dalla data della lettura effettiva del contatore.

Il vettore gas metano, come tutti gli altri relativi all'energia termica, hanno il vantaggio di avere pochi e ben definiti dispositivi di utilizzo finale, al contrario del vettore elettrico che invece presenta usi molto diversificati tra loro. I dispositivi di utilizzo per destinazioni d'uso residenziale e terziario sono principalmente i gruppi di generazione per riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria o i dispositivi per la cottura. Si trascurano in questo caso eventuali dispositivi per il raffrescamento estivo perché non ricadono nelle ipotesi di simulazione adottate.

Per cercare di effettuare tale suddivisione dei consumi per utilizzo finale, occorre quindi avere una stima dell'utilizzo di gas metano per usi cottura e per la produzione di acqua calda sanitaria. In entrambi i casi occorre effettuare una dettagliata intervista all'utenza per risalire alle richieste di energia termica in ogni mese dell'anno. Per le abitazioni si possono, in mancanza di altri dati, adottare i valori presenti nella Normativa UNI/TS 11300-1 e UNI/TS 11300-2.

Fabbisogni standard di energia per usi di cottura

Superficie dell'abitazione	Fabbisogno specifico [kWh/G]
Fino a 50 m ²	4
Oltre 50 m ² e fino a 120 m ²	5
Oltre 120 m ²	6

Dati di input

- Andamento consumi negli ultimi tre anni solari (da compilare una tabella per anno):

Il dato di consumo medio mensile si ricava valutando il periodo di utilizzo per ogni scopo (riscaldamento, produzione di ACS, uso cottura) e utilizzando i dati presenti in fatturazione se questa viene effettuata con cadenza mensile. In alternativa, se non si conoscono tali dati, il dato di consumo medio mensile si ricava distribuendo uniformemente i consumi su tutto il periodo che intercorre tra una lettura effettiva e quella successiva secondo la formula:

$$Q_{fuel,mese}=(L_{v,p,1}- L_{v,p,2})*C*30/(T_1-T_2)$$

dove $L_{v,p,1}$ è l'ultima lettura effettiva disponibile del contatore effettuata nel giorno T_1 , mentre $L_{v,p,2}$ è la lettura effettiva disponibile precedente alla $L_{v,p,1}$, effettuata nel giorno T_2 ; la differenza (T_1-T_2) rappresenta il periodo di riferimento, in giorni, sul quale si hanno consumi effettivi. Il coefficiente C (coefficiente correttivo dei consumi, come previsto dalla del.159/08 dell'AEEG), stabilito dalla società di distribuzione, moltiplica e corregge il volume di gas misurato per tener conto delle effettive condizioni in termini di pressione e temperatura della località di erogazione.

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale [Sm ³]												

- Andamento delle temperature medie mensili degli anni in cui sono presenti i dati di consumo.

Risultati

Come prima analisi, si può effettuare la media annuale del consumo e della spesa economica per verificare se vi sono valori anomali o grandi variazioni.

Inoltre, se sono disponibili da database meteo locali le temperature medie mensili dell'aria esterna, è utile effettuare una media pesata sulla temperatura esterna mese per mese per ottenere dei valori mensili medi annuali che considerino la variabilità del clima. In questo modo sarà possibile considerare ogni mese come quello climaticamente medio sugli ultimi anni a disposizione, affinché la verifica sulla simulazione termica della zona sia condizionata in misura minore dalla rigidità o mitezza di uno specifico anno. Inoltre determinare sui vari anni il consumo medio di ogni mese e i relativi scostamenti può metter in luce fatti di cui non si era a conoscenza o che non si erano considerati come prioritari nella determinazione della spesa energetica (condizioni meteo avverse, cambio di destinazione d'uso, incremento del numero di utenti, nuovi apparecchi installati...).

	Valore medio anno 1	Valore medio anno 2	Valore medio anno 3	Valore medio anno
Spesa economica [€]				
Consumo energetico reale [Sm ³]				

Dati medi mensili pesati sulla temperatura esterna negli anni a disposizione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale [Sm ³]												

Inoltre ci possono essere altri possibili trattamenti dei dati di consumo energetico medio mensile da fatturazione. Ad esempio potrebbe essere opportuno definire, nei mesi di non riscaldamento, l'andamento dell'energia assorbita per produzione di acqua calda sanitaria o per uso cottura. Tale quota rappresenterebbe la "base" di assorbimento presente tutto l'anno e che va scomputata dai mesi invernali per ottenere il consumo per solo riscaldamento.

Trattamento dei dati di fatturazione di combustibili a ricarica

Nel caso di combustibili a ricarica (GPL, gasolio, pellet, cippato, olio combustibile...) le informazioni per determinare il consumo di combustibile mensile risultano ancora più difficili da reperire. Chiaramente non è presente alcun tipo di tele lettura dei serbatoi di accumulo del combustibile, dato che sono di proprietà del cliente. Può accadere anche che il rifornimento di combustibile venga fatto da parte di operatori di società diverse tramite cisterne o autobotti, per cui può essere difficoltoso reperire le fatture presso la società fornitrice, e tale raccolta è affidata esclusivamente al cliente. In questo contesto l'operazione di registrazione del livello del serbatoio al momento della ricarica e la raccolta delle fatture energetiche (informazioni essenziali per la ricostruzione dei consumi nel tempo) è appunto affidata esclusivamente al cliente per cui non è scontata la precisione e la continuità dei dati raccolti, specialmente se si tratta di dati storici di molti anni precedenti.

Per quanto riguarda invece gli utilizzi finali, analogamente a quanto detto per il gas naturale, si possono individuare tre tipologie di utilizzo principali da suddividere nei vari periodi dell'anno per isolare il consumo per riscaldamento e renderlo più attendibile: quello per riscaldamento, quello per la produzione di acqua calda sanitaria e quello per uso cotture.

Dati di input

- Andamento consumi negli ultimi tre anni solari [da compilare una tabella per anno]:

Il dato di consumo medio mensile si ricava dalla formula:

$$Q_{\text{fuel,mese}} = (Q_{\text{carica}} + (L_{v,p,2} - L_{v,p,1})) * 30 / (T_1 - T_2)$$

dove $L_{v,p,1}$ è l'ultimo valore disponibile del livello di riempimento del serbatoio nel giorno T_1 , mentre $L_{v,p,2}$ è il valore disponibile precedente a $L_{v,p,1}$, e precedente alla ricarica effettuata nel giorno T_2 ; Q_{carica} è la quantità di combustibile ricaricato al momento T_2 (che rappresenta il giorno di ricarica); la differenza $(T_1 - T_2)$ rappresenta il periodo di riferimento, in giorni, sul quale si hanno consumi effettivi.

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale [I]												

- Andamento delle temperature medie mensili degli anni in cui sono presenti i dati di consumo.

Analogamente allo studio della fornitura di gas naturale, come prima analisi si può effettuare la media annuale del consumo e della spesa economica, e, se sono disponibili da database meteo locali le temperature medie mensili dell'aria esterna, una media pesata sulla temperatura

esterna mese per mese per ottenere dei valori mensili medi annuali che considerino la variabilità del clima ed eventuali scostamenti anomali.

	Valore medio anno 1	Valore medio anno 2	Valore medio anno 3	Valore medio anno
Spesa economica [€]				
Consumo energetico reale [l]				

Dati medi mensili pesati sulla temperatura esterna negli anni a disposizione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Spesa economica [€]												
Consumo energetico reale [l]												

CAPITOLO 3 – INVOLUCRO EDILIZIO

La modalità di determinazione dei fabbisogni di energia termica e l'analisi dell'involucro edilizio sono descritti dettagliatamente nella Revisione della UNI/TS 11300-1. Nella versione del 19/12/2011 e poi nella versione del 02/03/2012 sono presentate alcune modifiche sostanziali per le varie metodologie di calcolo rispetto alla versione precedente della stessa Normativa. In particolare risultano totalmente modificati i metodi da utilizzare:

- per il calcolo delle dispersioni attraverso i ponti termici, ambienti non climatizzati e attraverso il terreno
- per la caratterizzazione dei vari sistemi di ventilazione.

Tali metodi sono descritti nei paragrafi seguenti. Le altre modifiche apportate dalla nuova versione della UNI/TS 11300-1 in vari altri campi di applicazione sono elencate in Appendice I. Anche in questo caso, a meno che non sia espressamente indicato, la Normativa cui si farà riferimento è la UNI/TS 11300-1, versione del 02/03/2012.

3.1 Dispersioni attraverso ponti termici

Nel Capitolo 11.1.3 viene stabilito che l'analisi dello scambio di energia attraverso i ponti termici non può più essere effettuata usando delle maggiorazioni forfettarie sui valori della trasmittanza dell'intero componente: si deve invece utilizzare il metodo di calcolo riportato al punto 5 della UNI EN ISO 14683. Secondo tale metodologia, si deve utilizzare la seguente relazione:

$$\Phi = L (\theta_i - \theta_e)$$

In cui:

- Φ è il flusso termico scambiato tra il locale e l'ambiente non climatizzato;
- θ_i e θ_e sono rispettivamente le temperature del locale interno e dell'ambiente esterno;
- L è il coefficiente di accoppiamento termico attraverso l'involucro edilizio.

Tale coefficiente è definito come:

$$L = \sum U_i A_i + \sum \Psi_k l_k + \sum \chi_j$$

Dove:

- U_i è la trasmittanza termica dell' i -simo componente dell'involucro edilizio e A_i è la relativa area caratterizzata da tale trasmittanza;
- Ψ_k è la trasmittanza termica lineica del k -simo ponte termico lineare, e l_k è la relativa lunghezza su cui si applica la trasmittanza Ψ_k ;
- χ_j è la trasmittanza termica puntuale del j -simo ponte termico puntuale (generalmente il contributo dei ponti termici puntuali può essere trascurato).

Viene stabilito inoltre che i valori della trasmittanza termica lineica da utilizzare nel calcolo non devono essere scelti tra quelli riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683, ma si devono adottare i valori riportati in specifici Atlanti conformi con quanto stabilito da tale Normativa. A tal proposito, si suggerisce l'utilizzo dei seguenti Atlanti, consultabili gratuitamente su Internet:

- Atlante Svizzero "Catalogue des ponts thermiques"
http://www.lesosai.com/download/Warmebruckenkatalog_f.pdf;
- Atlante Francese "Regles Th-U pour les batiments existants"
http://www.rt-batiment.fr/fileadmin/documents/RT_existant/globale/ThU-Ex_5%20fascicules.pdf

3.2 Dispersioni verso ambienti non climatizzati

Per quanto riguarda il calcolo dell'energia termica scambiata dal locale verso ambienti non climatizzati, si fa riferimento a quanto scritto nel Capitolo 11.2, secondo cui è ancora possibile utilizzare i fattori di correzione b_{tr} riportati nella Normativa UNI EN 12831: 2006, da scegliersi a seconda dell'ambiente confinante; in alternativa questi coefficienti possono essere ricavati

con la seguente relazione $b_{tr} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$ in cui H_{ue} è il coefficiente globale di scambio termico

tra ambiente non climatizzato e ambiente esterno, mentre H_{iu} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione tra volume climatizzato e ambiente esterno attraverso gli ambienti non climatizzati è dato quindi dalla relazione $H_u = H_{tr,iu} \cdot b_{tr}$ dove $H_{tr,iu}$ è il coefficiente di scambio termico per sola trasmissione tra ambiente climatizzato e ambiente non climatizzato (nella precedente versione della Normativa, si faceva invece riferimento all'intero coefficiente di accoppiamento termico tra spazio riscaldato e spazio non riscaldato). I valori di tali coefficienti di scambio sono determinati secondo la UNI EN ISO 13789.

Se si utilizza il metodo di calcolo preciso, tuttavia, l'auditor deve avere a disposizione dati caratteristici dell'ambiente non climatizzato adiacente (stratigrafie, apporti solari, apporti interni – questi ultimi possono essere trascurati se non rilevanti, come previsto dal successivo Capitolo 13.1.3).

3.3 Dispersioni attraverso il terreno

Nel Capitolo 11.3 viene stabilito che, per lo scambio termico con il terreno, non possono essere utilizzati prospetti semplificati nel caso di pavimenti controterra o parete controterra, ma si deve adottare la metodologia di calcolo prevista dalla UNI EN ISO 13370: 2008 "Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo", che viene descritta nel seguito. Solamente nel caso di scambio di energia attraverso solette sospese sopra vespaio, si può adottare un procedimento semplificato, utilizzando la metodologia di calcolo per lo scambio di energia verso ambienti non climatizzati, con un apposito fattore di correzione ricavato dal prospetto 7 della revisione della normativa UNI/TS11300-1 (nel quale sono riportati i principali valori del fattore di correzione b_{tr} secondo la UNI EN 12831).

Nella Normativa in questione si stabilisce che, per un calcolo dettagliato delle perdite termiche per scambi con il terreno, si devono avere a disposizione i seguenti dati:

Campo	Input	Unità misura	di	Fonte dati
Tipo di pavimento (es. controterra, su intercapedine, con isolamento perimetrale, relativo a piani interrati...)		[-]		Sopralluogo
Area pavimento A (interna per piani interrati, esterna negli altri casi)		[m ²]		Progetto o sopralluogo
Perimetro pavimento P (interno per piani interrati, esterno negli altri casi)		[m]		Progetto o sopralluogo
Stratigrafia del pavimento		[-]		Progetto o sopralluogo
Spessore delle pareti esterne (w)		[m]		Progetto o sopralluogo
Conduttività termica del terreno (λ)		[W/(mK)]		Sopralluogo enormativa o progetto
Eventuale presenza di falda freatica		[-]		Sopralluogo o fonte esterna
Trasmittanza termica lineica per giunti parete/pavimento Ψ_i relativa alla lunghezza li		[W/(mK)]		Sopralluogo

Il valore della conduttività termica del terreno λ , se si conosce il tipo di terreno con cui il pavimento è in contatto, può essere ricavato dalla seguente tabella:

Tipo di terreno	Conduttività termica λ [W/(mK)]
Ghiaia	0,80
Sabbia "grossa"	0,80
Sabbia "fine"	0,80
Limo	2,00
Argilla	0,95
Calcere	2,50
Calcere carsico	3,50
Arenaria	4,50
Scisti	2,50
Roccia metamorfica o magmatica	4,50

La presenza di una falda freatica può modificare il flusso termico scambiato: in genere sarà necessario aumentare il flusso termico scambiato in assenza di falda con un opportuno coefficiente (G_w) che dipende dalle caratteristiche della falda stessa (velocità di avanzamento dell'acqua, densità, calore specifico, profondità della falda...). Il metodo di calcolo per scegliere il valore di G_w è descritto nell'Appendice H della UNI EN ISO 13370:2008. Per la resistenza termica dei materiali di costruzione utilizzati nelle strutture dei pavimenti si utilizzano i valori riportati nella ISO 10456.

Per quanto riguarda invece i valori della trasmittanza lineica per giunti parete/pavimento, si utilizzano i valori degli Atlanti menzionati nel precedente paragrafo 3.1.

Noti dunque tutti i valori necessari al calcolo, si procede alla determinazione della dimensione caratteristica del pavimento B' e degli spessori equivalenti per pavimenti d_t e per pareti di piani interrati d_w secondo le seguenti formule:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se})$$

dove R_{si} , R_f , R_w e R_{se} sono rispettivamente le resistenze termiche liminare interna, del pavimento (compreso l'eventuale strato di isolante), delle pareti e liminare esterna. Le variabili w , A e P indicano invece rispettivamente l'intero spessore delle pareti dell'edificio al livello del terreno, l'area del pavimento e il perimetro esposto del pavimento.

Il metodo di calcolo da utilizzare per ricavare il valore del rispettivo coefficiente di accoppiamento termico L_s è diverso a seconda del tipo di pavimento in questione:

1) Pavimento controterra non isolato o uniformemente ben isolato. Si utilizzano le seguenti formule:

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) \text{ se il pavimento non è isolato o moderatamente isolato } (d_t < B')$$

$$U_0 = \frac{\lambda}{0,457 B' + d_t} \text{ se il pavimento è ben isolato } (d_t > B')$$

Da cui si ricava $L_s = A U_0 + \sum(l_i \Psi_i)$.

2) Pavimento controterra con solo isolamento perimetrale orizzontale o verticale o con fondamenta poco conduttive. Deve essere noto anche il valore di D (larghezza isolamento orizzontale o profondità dell'isolamento verticale o profondità delle fondamenta) e quello di d_n (spessore dell'isolamento o della fondazione). Si ricava il valore dello spessore equivalente

aggiuntivo $d' = \left(R_n - \frac{d_n}{\lambda}\right) \lambda$ (dove R_n è la resistenza termica dell'isolamento perimetrale

orizzontale, verticale o della fondazione) ed in seguito si esplicita il valore del coefficiente globale di scambio secondo le relazioni:

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) - 2 \frac{1}{B'} \left\{ \frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{D}{d_t + 1}\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + d'} + 1\right) \right] \right\} \text{ per isolamenti perimetrali orizzontali}$$

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) - 2 \frac{1}{B'} \left\{ \frac{\lambda}{\pi} \left[\ln\left(\frac{2D}{d_t + 1}\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1\right) \right] \right\} \text{ per isolamenti perimetrali verticali}$$

o per fondamenta poco conduttive

L'espressione che compare tra parentesi graffe è la trasmittanza termica lineica dell'isolamento del bordo, generalmente indicata con $\psi_{g,e}$. In generale si potrà scrivere $L_s = A U_0 + \sum (l_i \Psi_i) + P \psi_{g,e}$, dove U_0 è da scegliersi tra le due espressioni previste dal punto 1) a seconda del tipo di isolamento del pavimento.

3) Pavimenti su intercapedine. Si farà riferimento al solo caso di pavimento sollevato da terreno con spazio aerato ventilato naturalmente, rimandando alla lettura dell'Appendice F nel caso di spazio ventilato meccanicamente. Il coefficiente di accoppiamento termico è valutato anche in questo caso come $L_s = A U$, dove U è il valore della trasmittanza termica, ricavato da

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$$

dove U_f è la trasmittanza termica tra ambiente interno e spazio sottopavimento; U_g è la trasmittanza termica attraverso il terreno e U_x è la trasmittanza termica equivalente (dovuto allo scambio attraverso le pareti dell'intercapedine ed a quello per effetto della ventilazione dello spazio aerato). Queste ultime due trasmittanze si ricavano con le seguenti relazioni:

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_g} + 1\right)$$

$$U_x = \frac{2hU_w}{B'} + 1450 \varepsilon v_m \frac{f_w}{B'}$$

In cui $d_g = (w + \lambda(R_{si} + R_g + R_{se}))$ è lo spessore equivalente dell'intercapedine (R_g è la resistenza termica dell'intercapedine); h è l'altezza della superficie superiore del pavimento sopra il livello del terreno esterno, U_w è la trasmittanza termica delle pareti dell'intercapedine sopra il livello del terreno, ε è l'area delle aperture di ventilazione per unità di lunghezza di perimetro dell'intercapedine, v_m è la velocità media del vento a 10 m di altezza nella località considerata e f_w è un opportuno coefficiente di schermatura del vento, scelto in base alla localizzazione dell'edificio (pari a 0,02 se l'edificio si trova in centro città, pari a 0,05 se l'edificio è in periferia, pari a 0,10 negli altri casi).

4) Piano interrato riscaldato. Deve essere nota la profondità media z del pavimento del piano interrato rispetto al livello del terreno. Lo scambio valutato tiene conto delle due componenti di scambio attraverso il pavimento e attraverso le pareti del piano interrato che sono a contatto col terreno. Il valore del coefficiente di scambio termico è in questo caso $L_s = A U_{bf} + z P U_{bw} + \sum l_i \psi_i$, in cui U_{bf} è la trasmittanza termica attraverso il pavimento e U_{bw} è la trasmittanza termica attraverso le pareti del piano interrato. Questi due valori di trasmittanza si ricavano con le seguenti formule (noti d_t e d_w):

$$U_{bf} = \begin{cases} \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0,5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1\right) & \text{se } (d_t + 0,5z) < B' \text{ (pavimenti non isolati o moderatamente isolati)} \\ \frac{\lambda}{0,457 B' + d_t + 0,5z} & \text{se } (d_t + 0,5z) > B' \text{ (pavimenti ben isolati)} \end{cases}$$

$$U_{bw} = \begin{cases} \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) & \text{se } d_w > d_t \\ \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_t} + 1\right) & \text{se } d_w < d_t \end{cases}$$

5) Piano interrato non riscaldato. Detta U_f la trasmittanza termica del pavimento (tra ambiente interno e piano interrato), U_w la trasmittanza termica delle pareti del piano interrato sopra il livello del terreno, U_{bf} e U_{bw} le trasmittanze termiche definite come al punto precedente, z la profondità media del piano interrato e h l'altezza media del piano interrato al di sopra del livello del terreno, n la portata d'aria di ventilazione del piano interrato e V il volume d'aria del piano interrato, si ricava
$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{AU_{bf} + zPU_{bw} + hPU_w + 0,33nV}$$
, da cui

$L_s = A U$.

6) Piano interrato parzialmente riscaldato. In tal caso si calcola il flusso termico per il piano interrato prima come se fosse completamente riscaldato, poi come se fosse completamente non riscaldato. Il valore di output deve essere mediato in maniera proporzionale alle aree, a contatto con il terreno, delle parti riscaldate e non riscaldate del piano interrato.

3.4 Ventilazione

Per quanto riguarda la ventilazione, la revisione della normativa UNI/TS 11300-1 ha operato un notevole approfondimento, specialmente nel caso in cui sia presente un impianto di ventilazione meccanica, per cui è presentata una procedura dettagliata atta a suddividere la portata d'aria media per infiltrazioni da quella effettiva dovuta alla ventilazione meccanica. Vengono presentati prospetti di riferimento per i coefficienti di permeabilità dell'involucro e di esposizione al vento e per i fattori di efficienza della regolazione dell'impianto a seconda del tipo di sensore. La nuova procedura di calcolo (così come quella prevista per la ventilazione notturna, detta anche di "free-cooling") non viene in questa sede riportata interamente in quanto gli impianti di ventilazione meccanica e ibrida rientrano tra quelli che utilizzano l'aria come fluido termo-vettore, e non sono quindi argomento di questo lavoro.

Il metodo di calcolo per la reale stima del contributo di ventilazione e infiltrazione nel bilancio termico dell'edificio non ha una metodologia standard e unica, dato il legame di tale dispersione alle abitudini dell'utenza e data la variabilità della quota di dispersioni in funzione delle variabili esterne. Poiché spesso il contributo delle ventilazioni non è affatto trascurabile rispetto al totale dell'energia primaria richiesta dall'edificio ed è collegato al benessere e alla qualità dell'aria interna, è utile approfondire l'argomento.

In particolare si è proposto due procedure di calcolo: la prima, più legata ai valori di progetto e quindi meno realistica e i cui dati di input sono più facilmente reperibili; la seconda invece maggiormente legata alle effettive ventilazioni dei locali e infiltrazioni. È opportuno che l'auditor, in funzione dei dati a disposizione e della loro attendibilità, effettui entrambe le valutazioni e successivamente compia una scelta di tipo cautelativo o di altra natura.

Procedura 1

La prima procedura è quella prevista dal Capitolo 12 della revisione della normativa UNI/TS 11300-1 per l'analisi dei sistemi di ventilazione meccanica, naturale o mista, che risulta più dettagliata di quella descritta nella precedente versione della Norma. Si ricorda che tale procedura è valida però per valutazioni di progetto e valutazioni standard, e a rigore non nel caso in cui si compia una diagnosi energetica. D'altro canto, ha il vantaggio di richiedere pochi dati di input, e di facile reperimento.

Essa prevede due fasi:

- Calcolo della prestazione termica del fabbricato, in cui si considera una ventilazione di riferimento, indipendentemente dalla presenza o meno di un impianto;
- Calcolo della prestazione energetica dell'edificio, in cui si considera la ventilazione effettiva e l'eventuale presenza di un impianto di ventilazione meccanica.

I due calcoli devono essere necessariamente effettuati in sequenza.

I dati di input da conoscere sono:

Campo	Valore input	Unità di misura	Fonte
Numero di persone previsto (n_p)		[-]	Intervista all'utenza
Area netta della superficie servita dalla ventilazione (A_n)		[m ²]	Progetto o sopralluogo
Volume netto riscaldato (V)		[m ³]	Progetto o sopralluogo

Il calcolo della prestazione termica del fabbricato prevede lo studio del volume di ricambio aria minimo per garantire le condizioni igieniche standard. Si fa riferimento alle portate minime di progetto di aria esterna presentate nel prospetto III della UNI 10339:1995, relative alle varie categorie di edifici.

In particolare la formula della portata minima di progetto ($q_{ve,0}$) in caso di ventilazione naturale è data dalla seguente formula:

$$q_{ve,0} = (n_p * q_{op}) * C_2$$

$$q_{ve,0} = (A_f * q_{os}) * C_2$$

Dove q_{op} e q_{os} indicano la portata di aria esterna o di estrazione minima in funzione delle persone presenti (n_p) o alternativamente della superficie netta per assicurare accettabili livelli di benessere per gli occupanti secondo la normativa UNI 10339:1995; A_f invece indica la superficie utile servita dalla ventilazione. Si ricorda che un valore esclude l'altro: o si ha la portata minima q_{op} o si ha la portata minima q_{os} . il coefficiente C_2 invece è funzione dell'altitudine del sito ed è riportato nel prospetto IV della normativa UNI 10339:1995

Prospetto IV - Coefficiente correttivo in funzione dell'altitudine H sul livello medio del mare

Altitudine H m s.l.m.	Coefficiente correttivo
0	1,00
500	1,06
1 000	1,12
1 500	1,18
2 000	1,25
2 500	1,31
3 000	1,38

Per gli edifici residenziali la portata minima di progetto ($q_{ve,0}$) può essere espressa in funzione del tasso di ricambio d'aria:

$$q_{ve,0} = n * V / 3600$$

dove si assume un ricambio orario (n) di 0,5 h⁻¹. Per gli edifici residenziali non vengono considerati impianti di ventilazione (e quindi non comportano carichi termici aggiuntivi rispetto a quanto detto sopra) i sistemi di estrazione nei bagni e nelle cucine ad uso saltuario.

Il calcolo della prestazione energetica dell'edificio nel caso di ventilazione naturale prevede che le portate di ventilazione in condizioni di riferimento sopra calcolate siano moltiplicate per un opportuno fattore di correzione (f_{ve}) che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il ricambio d'aria. Esso stima e tiene conto dell'effettivo profilo di presenza delle ventilazioni e delle infiltrazioni all'interno della zona oggetto della diagnosi. I valori correttivi sono riportati nel prospetto E.2 in base alla categoria di edificio. Nel caso di edifici per abitazione civile il fattore correttivo può essere assunto pari a 0,6 secondo la revisione della normativa UNI/TS 11300-1.

prospetto E.2 – Fattore di correzione per la ventilazione in condizioni di riferimento

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	Destinazione d'uso	$f_{ve,t}$
E.1 EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI	E.1.1 <i>Residenze a carattere continuativo</i>	<i>Abitazioni civili (*)</i>	0,60
		<i>Collegi, luoghi di ricovero, case di pera, caserme, conventi</i>	
		Sale riunioni	0,51
		Dormitorio/camera	1,00
		Servizi igienici con estrazione	0,08
	E.1.2 <i>Residenze occupate saltuariamente</i>	Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo	0,60
	E.1.3 <i>Alberghi pensioni e attività similari</i>	Ingresso, soggiorni	1,00
		Sale conferenze/auditori (piccoli)	0,47
		Sale da pranzo	0,34
		Camere da letto	0,26
E.2 EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI	Uffici singoli	0,59	
	Uffici open space	0,59	
	Call-Center/centro inserimento	0,59	
	Locali riunione	0,51	
E.3 OSPEDALI CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI	Degenze (2 -3 letti)	1,00	
	Corsie	1,00	
	Camere per infettivi	1,00	
	Camere per immunodepressi	1,00	
	Sale mediche	1,00	
	Soggiorni	0,68	
	Terapie fisiche	0,51	
	Diagnostiche	0,51	
E.4 EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO E ASSIMILABILI	E.4.1 <i>Cinema, teatri, sale per congressi</i>	Atri, sale attesa, zona bar annessa	0,51
		Platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni	0,51
		Sala scommesse	0,43
	E.4.2 <i>Mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto</i>	Sale mostre pinacoteche, musei	1,00
		Sale lettura biblioteche	0,51
		Luoghi di culto	0,34
	E.4.3 <i>Bar, ristoranti, sale da ballo</i>	Bar	0,55
		Pasticcerie	0,47
		Self-service	0,34
		Sale da ballo, discoteche	0,43

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	Destinazione d'uso	$f_{ve,t}$
E.5 EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ COMMERCIALE E ASSIMILABILI		Grandi magazzini - piano interrato	0,47
		Negozi o reparti di grandi magazzini:	0,51
		Barbieri, saloni bellezza	0,51
		Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,51
		Alimentari, lavasecco, farmacie	0,51
		Zone pubblico banche, quartieri fieristici	0,55
E.6 EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA	<i>E.6.1</i> <i>Piscine, saune e assimilabili</i>	Piscine (sala vasca)	0,34
		Spogliatoi	0,34
	<i>E.6.2</i> <i>Palestre e assimilabili</i>	Palazzetti sportivi (campi da gioco)	0,18
		Zone spettatori in piedi	0,18
		Zone spettatori seduti	0,18
	<i>E.6.3</i> <i>Servizi di supporto alle attività sportive</i>	Spogliatoi atleti	0,43
	E.7 EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI		Asili nido e scuole materne
Aule scuole elementari			0,47
Aule scuole medie inferiori			0,47
Aule scuole medie superiori			0,47
Aule universitarie			0,51
Servizi			0,51
Biblioteche, sale lettura			0,43
Aule musica e lingue			0,43
Laboratori chimici/biologici			0,43
Laboratori			0,43
Sale insegnanti			0,47
E.8 EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ INDUSTRIALI ED ARTIGIANALI E ASSIMILABILI			0,51

Il risultato della procedura 1 fornisce un valore medio mensile del ricambio orario per ventilazione dato da:

$$n = n_{pr} * f_{ve}$$

Procedura 2

Per quanto riguarda la seconda procedura, essa prevede la suddivisione dello scambio termico per ricambio d'aria in ventilazione dovuta all'apertura dei serramenti, e infiltrazione attraverso i componenti dell'involucro.

I dati di input da conoscere sono in numero maggiore e, specialmente per l'orario di apertura dei serramenti, di difficile reperimento:

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
Numero di persone previsto (n_p)		[-]	Intervista all'utenza
Area netta della superficie servita dalla ventilazione (A_n)		[m ²]	Progetto o sopralluogo
Volume netto riscaldato (V)		[m ³]	Progetto o sopralluogo
Classe di permeabilità degli infissi presenti		[-]	Progetto o scheda tecnica
Numero di ore medio mensile di apertura (t_{ap})		[h]	Intervista all'utenza
Temperatura esterna media mensile (θ_e)		[°C]	Progetto o misure
Altezza dell'area libera della finestra (h_{ow})		[m]	Progetto o sopralluogo
Temperatura dell'aria interna (θ_i)		[°C]	Intervista all'utenza
Velocità del vento media mensile misurata a 10 m sul livello del suolo (v_m)		[m/s]	Progetto o misure
Area della superficie apribile del serramento (A_{ow})		[m ²]	Progetto o sopralluogo
Tipologia di schermatura al vento		[-]	Sopralluogo
Numero di facciate esposte		[-]	Sopralluogo

Per la stima delle infiltrazioni di aria esterna all'interno del volume riscaldato, si nota che la revisione della normativa UNI/TS 11300-1 ha portato molte novità e maggior dettaglio. Si adotta quindi la procedura di calcolo per la portata d'aria media per infiltrazioni per ventilazione naturale, anche se nella normativa essa è riportata soltanto per il periodo di non funzionamento della ventilazione meccanica. Tale procedura segue la seguente espressione:

$$q_{ve,0} = n_{50} \cdot V \cdot e / 3600$$

dove n_{50} è il ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, ed è dato o dai valori misurati secondo la normativa vigente UNI EN 13829: oppure dai valori riportati in tabella, una volta note le classi di permeabilità degli infissi presenti secondo la norma UNI EN 12207:2000 "Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione" o la UNI 7979:1979 "Edilizia. Serramenti esterni (verticali). Classificazione in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento."

Il coefficiente e invece è riportato nel prospetto 10 della revisione e tiene in considerazione l'esposizione al vento dell'edificio.

Si considera quindi un tasso di ricambio orario per infiltrazioni (n_{inf}) pari a $n_{50} \cdot e$.

prospetto 9 – Ricambi d'aria caratteristici medi giornalieri per una differenza tra interno ed esterno di 50 Pa, n_{50} , in funzione della permeabilità dell'involucro

Permeabilità dell'involucro	Ricambi d'aria a 50 Pa n_{50} [h ⁻¹]	
	Edificio residenziale multifamiliare o altra destinazione d'uso	Edificio residenziale monofamiliare
bassa	1	2
media	4	7
alta	8	14

prospetto 10 – Coefficienti di esposizione al vento e ed f in funzione della schermatura e dell'esposizione dell'edificio nei confronti del vento (da UNI EN ISO 13789)

Coefficiente	Schermatura		Esposizione	
	Classe	Descrizione	più di una facciata esposta	solo una facciata esposta
e	Nessuna schermatura	Edifici in aperta campagna, grattacieli nel centro città	0,10	0,03
	Media schermatura	Edifici in campagna con alberi o con altri edifici nelle vicinanze, periferie	0,07	0,02
	Fortemente schermato	Edifici di media altezza nei centri cittadini, edifici in mezzo a foreste	0,04	0,01
f	Tutte le classi di schermatura	Tutti gli edifici	15	20

Per quanto riguarda la stima delle dispersioni per apertura dei serramenti, queste vengono valutate secondo quanto indicato nella normativa UNI EN 15242: 2008. Si riporta l'algoritmo di calcolo, già riportato nel lavoro precedente.

La normativa UNI EN 15242:2008 prescrive la seguente equazione, in funzione della velocità del vento (v_m), della temperatura interna ed esterna (θ_i e θ_e), della superficie apribile della finestra (A_{ow}) e dell'altezza dell'area apribile (H_{ow}) e del volume netto della zona (V_n):

$$n_{air} = (3.6 * 500 * A_{ow} * V^{0.5}) / V_n \quad [1/h]$$

dove la variabile V è data dalla seguente equazione:

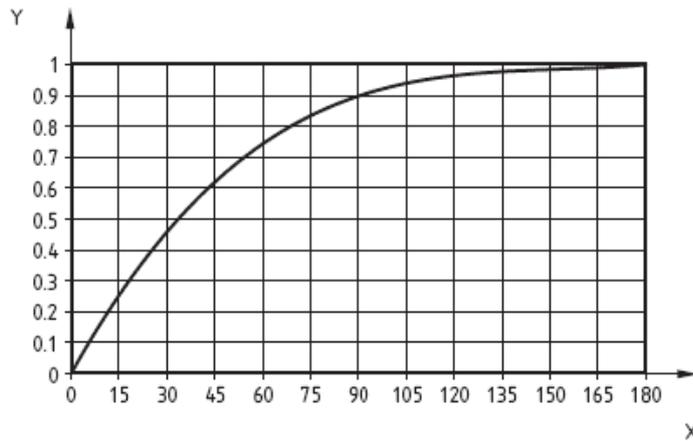
$$V = 0.01 + 0.001 * v_m^2 + 0.0035 * H_{ow} * |\theta_i - \theta_e|$$

Nel caso di finestre a singolo battente, la superficie apribile è pari a quella della finestra stessa; nel caso di finestre vasistas (ovvero con apertura alta), occorre calcolare la superficie apribile in funzione dell'angolo di apertura (α) nel seguente modo:

$$A_{ow} = A_w * c_k(\alpha)$$

dove A_w è la superficie del serramento completamente aperto e $c_k(\alpha)$ è un coefficiente che segue l'equazione:

$$C_k(\alpha) = 2.60 \cdot 10^{-7} \cdot \alpha^3 - 1.19 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 + 1.86 \cdot 10^{-2} \cdot \alpha$$



α [°]	$Ck(\alpha)$ [-]
0	0.00
5	0.09
10	0.17
15	0.25
20	0.33
25	0.39
30	0.46
45	0.62
60	0.74
90	0.90
180	1.00

Una volta noti i tassi di ricambio orario per infiltrazioni e per apertura dei serramenti, occorre calcolare un tasso di ricambio d'aria medio mensile da utilizzare nei calcoli sul periodo di riferimento. A tal fine si considererà il tasso per apertura serramenti applicato soltanto nel periodo di effettivo ricambio, segnalato dall'utenza durante l'intervista, e si considererà invece il tasso per infiltrazione sempre presente durante tutto il periodo di calcolo. Si effettuerà quindi una media mensile come segue:

$$n = (t_{ap} * n_{air} + t * n_{inf}) / t$$

dove t rappresenta il periodo di calcolo mensile espresso in ore.

Comparazione dei due risultati

Come già riportato all'inizio di questo paragrafo, le due procedure di calcolo vanno confrontate tra loro per verificare la congruità dei risultati finali e decidere quale adottare.

Nel caso si abbiano valori certi di orario di apertura dei serramenti e si abbia un valore di permeabilità degli infissi all'aria certo, è preferibile adottare la seconda procedura perché stima in modo migliore il carico termico reale, anche se il tasso di ricambio d'aria risulta minore rispetto a quello conseguito tramite la prima procedura: infatti quest'ultima viene consigliata per un calcolo di progetto e standard e non per diagnosi energetiche, che maggiormente devono essere calate sul caso in esame e sulle abitudini dell'utenza.

CAPITOLO 4 – IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E PRODUZIONE ACS

L'analisi dell'impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria viene condotta seguendo la procedura descritta nella UNI/TS 11300-2. L'ultima versione di tale Normativa è quella del 19/03/2012, che, rispetto al testo precedente, introduce delle modifiche sostanziali in particolare nel calcolo dettagliato delle perdite di distribuzione. La nuova metodologia proposta prevede dei calcoli molto più accurati, che verranno illustrati nei seguenti paragrafi, insieme alla metodologia proposta per il calcolo delle perdite nel sottosistema di generazione. Altri cambiamenti (meno significativi) apportati alla Normativa sono riportati in Appendice II.

4.1 Generalità sulle modalità di ripartizione del fabbisogno energetico in caso di sistemi pluri-valenti/pluri-energetici di generazione e in caso di asservimento multi zona

L'energia termica richiesta dalla zona in esame può essere fornita:

- da un unico generatore;
- da un sistema polivalente di generazione (due o più generatori delle stesse tipologie);
- da un sistema pluri-energetico di generazione (due o più generatori che utilizzano diversi vettori energetici).

Nel caso in cui siano presenti più generatori, la prUNI/TS 11300-4 impone una ripartizione del carico tra i vari generatori che deve soddisfare l'ordine di priorità stabilito dal progetto o, in assenza di condizioni specifiche, quello stabilito dal seguente prospetto.

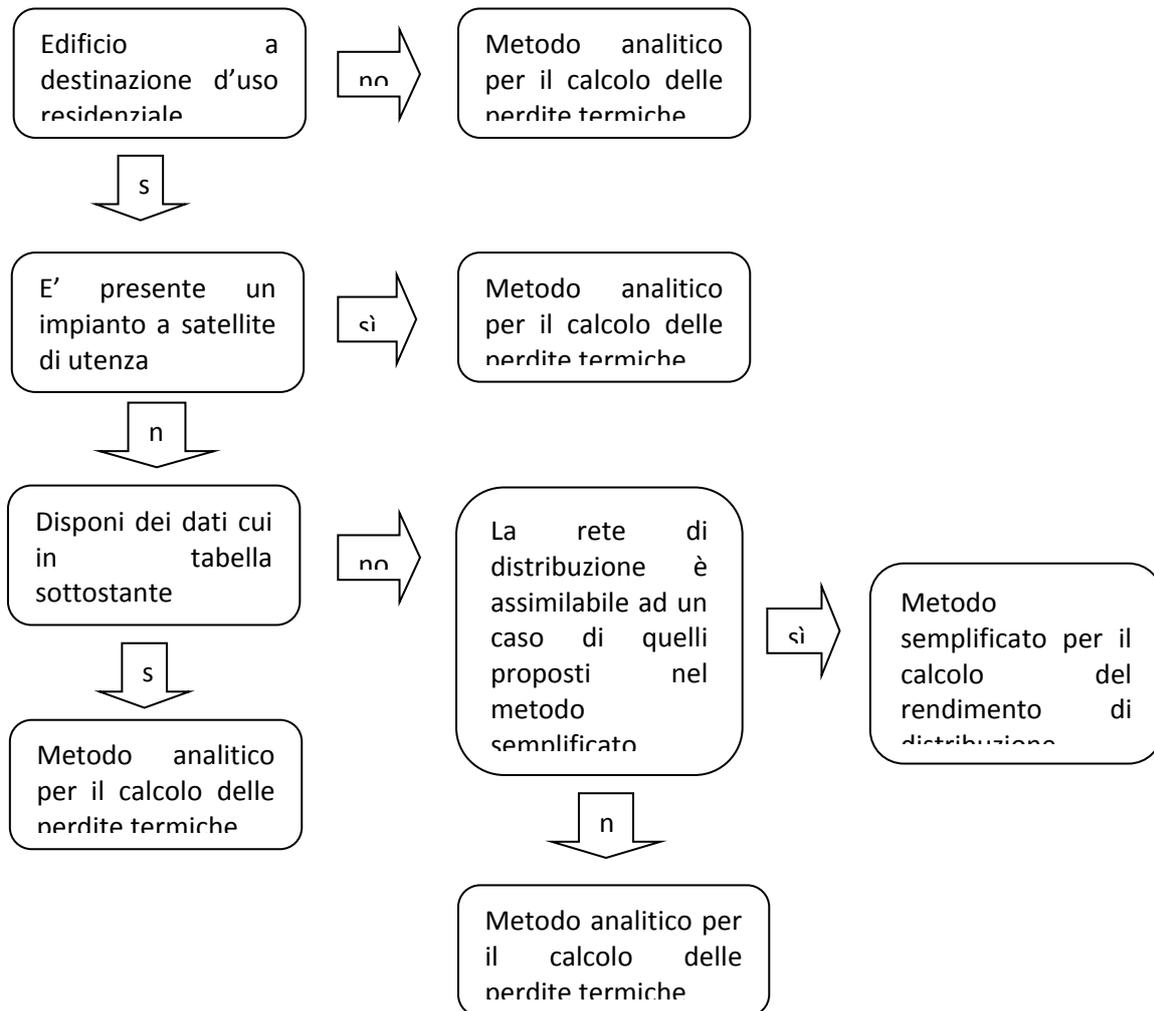
Priorità	Sottosistema di generazione
1	Solare termico
2	Teleriscaldamento
3	Cogenerazione
4	Combustione di biomasse
5	Pompe di calore
6	Generatori di calore a combustibili fossili
7	Generatore a dissipazione elettrica

Noti i fabbisogni mensili richiesti dal locale per riscaldamento e ACS, si valuta dapprima la quota parte di energia che viene soddisfatta (per i due utilizzi) tramite solare termico; la restante parte – denominata in seguito Q' , somma delle quote rimanenti necessarie per il riscaldamento e per ACS – dovrà dunque essere fornita dai sottosistemi successivi. Partendo dal generatore di priorità successiva presente nel sistema, si valuta il relativo fattore di carico $FC = Q' / (P_n * t_{mese})$ in cui P_n è la potenza nominale massima che il generatore può fornire, e t_{mese} è la durata del mese in ore. Se $FC \leq 1$, il fabbisogno energetico per gli usi di riscaldamento e ACS è interamente soddisfatto dal generatore in questione; se invece risulta $FC > 1$, si esplicita il fabbisogno energetico rimanente e si analizza il sottosistema di generazione successivo in ordine di priorità. La procedura è ripetuta fino alla completa copertura del carico.

Nel caso in cui un sistema di generazione fornisca energia a più zone distinte (asservimento multi-zona), il calcolo del fabbisogno di energia primaria può essere condotto in due modi diversi:

- se si devono analizzare tutte le zone servite dal sistema di generazione o se comunque si hanno a disposizione dati certi sui fabbisogni energetici per riscaldamento e per ACS richiesti da tutti le zone servite (ad esempio attraverso i contabilizzatori), il fabbisogno di energia primaria a livello del sistema di generazione è dato dalla somma delle richieste termiche delle zone e delle perdite a livello della distribuzione, diminuita delle eventuali perdite recuperate;
- se non si hanno a disposizione i fabbisogni degli altri locali, come già specificato nel Capitolo 2, si possono utilizzare delle ripartizioni su base millesimale o con contabilizzatori di vario tipo.

4.2 Perdite di distribuzione



La precedente versione della UNI/TS 11300-2 prevedeva, per il calcolo delle perdite nel sottosistema di distribuzione, due metodologie:

- Una metodologia semplificata, che prevede l'utilizzo di valori pre-calcolati, in base alle caratteristiche del sottosistema, per ricavare il rendimento del circuito di distribuzione. A partire da tale valore si possono ricavare le perdite di distribuzione (considerate totalmente non recuperabili) con la formula $Q_{d,l} = Q_{distr} \frac{1-\eta_{distr}}{\eta_{distr}} [Wh]$, in cui Q_{distr} rappresenta il fabbisogno energetico richiesto al sottosistema di distribuzione in caso di regime continuo.
- Una metodologia analitica, presentata nell'Appendice A, con la quale ricavare le perdite nel sottosistema in questione, da utilizzare se sono disponibili i dati costruttivi della rete di distribuzione.

Nella nuova versione della Normativa, cui si farà riferimento in questo paragrafo, nella descrizione del procedimento semplificato, si stabilisce che:

- Tale metodo deve essere utilizzato solamente ad edifici di tipo residenziale;
- I valori di rendimento pre-calcolati già comprendono il fabbisogno di energia elettrica ausiliaria;

- Tali valori vanno corretti con un fattore di correzione presente in un prospetto della revisione in base alla temperatura media mensile nel sottosistema di distribuzione calcolata con la procedura descritta nell'Appendice A della Normativa. Questa procedura è molto più dettagliata di quella proposta nella versione precedente della Normativa.

Per quanto riguarda invece la metodologia analitica, questa è stata notevolmente ampliata ed è stata resa inoltre obbligatoria nel caso di satelliti di utenza con scambiatori di calore locali.¹ Tale metodologia può essere applicata sia ai circuiti di riscaldamento che ai circuiti dell'acqua calda sanitaria. Tali circuiti possono essere del tutto separati e indipendenti (e così tutto il calcolo proposto), oppure possono avere circuiti di generazione e di distribuzione a comune (nel caso di satelliti di utenza) per cui occorre effettuare caso per caso delle ipotesi di funzionamento. Occorre inoltre ben distinguere il tempo di attivazione del riscaldamento e della produzione di acqua calda sanitaria per ogni circuito. Secondo tale metodologia, nel momento in cui si vogliono calcolare le perdite di distribuzione, è necessario suddividere l'impianto in tre sistemi:

- Rete di utenza con terminali funzionanti a differenti temperature;
- Circuito di distribuzione delle utenze;
- Circuito di generazione.

I dati di input da raccogliere per la metodologia analitica sono i seguenti:

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
Lunghezza del tratto (L)		[m]	Sopralluogo o progetto
Trasmittanza termica lineica (U)		[W/mK]	Progetto
Diametro interno dell'isolante (d_j)		[m]	Progetto
Diametro esterno complessivo della tubazione isolata (d_n)		[m]	Progetto
Diametro esterno della tubazione (d_0)		[m]	Progetto
Conducibilità dello strato isolante (λ)		[W/mK]	Progetto o prospetto
Interasse delle tubazioni (E)		[m]	Progetto
Ubicazione del tratto		[-]	Sopralluogo o intervista
Tipo di regolazione dell'impianto		[-]	Sopralluogo o intervista
Potenza nominale dei terminali ($P_{em,nom}$)		[kW]	Sopralluogo o progetto
Salto termico dell'unità terminale in condizioni di progetto ($\Delta\theta_{nom}$)		[°C]	Progetto

¹Nel periodo di riscaldamento, le perdite totali del sottosistema di distribuzione sono ridistribuite mensilmente in proporzione ai fabbisogni dei vari satelliti; nel periodo di non riscaldamento, invece, le perdite sono attribuite interamente alla distribuzione di ACS.

Fabbisogno di energia per l'alimentazione dei terminali di emissione (Q_{em})		[kWh/anno]	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1 e 2.
Tempo di funzionamento dei terminali (t_{em})		[-]	Sopralluogo o misura
Temperatura di set point interna ($\theta_{set-point}$)		[°C]	Sopralluogo o intervista
Temperatura di mandata per il punto 2 per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{f,cl,2}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura esterna per il punto 2 per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{e,cl,2}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura esterna del punto 1 per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{e,cl,1}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura di mandata del punto 1 per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{f,cl,1}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura esterna del punto i-esimo per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{e,cl,i}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura di mandata del punto i-esimo per la regolazione climatica in centrale termica ($\theta_{f,cl,i}$)		[°C]	Sopralluogo e scheda tecnica della centralina climatica
Temperatura di mandata dal generatore se costante (T_g)		[°C]	Progetto o sopralluogo
Portata dal generatore se costante (V_g)		[m ³ /h]	Progetto o sopralluogo
Temperatura media dell'acqua calda sanitaria (θ_{ACS})		[°C]	Progetto o sopralluogo
Tempo di attivazione per la produzione di ACS (t_{ACS})		[s]	Sopralluogo o misura

Per ogni circuito, che può essere ulteriormente suddiviso in un tratto di mandata e in uno di ritorno, può essere calcolato:

- Il fabbisogno elettrico per gli ausiliari $Q_{aux,d}$.

- La quantità di energia corrispondente alle perdite termiche che è determinata dalla seguente formula:

$$Q_{d,i} = \sum_i L_i \times U_i \times (\theta_{w,avg,i} - \theta_{a,i}) \times t_i \quad [Wh]$$

In cui: L_i è la lunghezza del tratto i-simo; U_i è la trasmittanza termica lineica relativa al tratto i-simo; $\theta_{w,avg,i}$ è la temperatura media dell'acqua nel tratto i-simo; $\theta_{a,i}$ è la temperatura dell'ambiente in cui si trova il tratto i-simo e t_i è la durata del periodo considerato (t_{em} per circuito di riscaldamento e t_{ACS} per quello di produzione di ACS).

La trasmittanza termica lineica U è calcolata in base alle dimensioni e alle caratteristiche delle tubazioni considerati, utilizzando le relazioni riportate nella seguente tabella. (Si rimanda alla lettura della Norma UNI/TS 11300-2 per la spiegazione e la determinazione dei valori dei vari parametri presenti nelle formule).

Trasmittanza lineica	Tubazioni esterne dell'edificio	Tubazioni interne dell'edificio
Tubazioni non isolate correnti in aria	$U_i = 16,5 \times \pi \times d_i$	$U_i = 3,24 \times \pi \times d_i \times (\theta_{w,i} - \theta_{a,i})^{0,3}$
Tubazioni isolate correnti in aria	$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{\alpha_{air} \times d_n}}$ con $\alpha_{air}=4W/(m^2 K)$	$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{\alpha_{air} \times d_n}}$ con $\alpha_{air}=10W/(m^2 K)$
Tubazione singola incassata nella muratura	$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \frac{4 \times z}{d_n}}$	
Tubazioni in coppia incassate nella muratura	$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \frac{4 \times z}{d_n} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \sqrt{1 + \frac{4 \times z^2}{E^2}}}$	
Tubazioni interrato	$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \times \lambda_j} \times \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \times \lambda_G} \times \ln \frac{4 \times z}{d_n}}$ con $\lambda = 2 W/(mK)$	

Per quanto riguarda la lunghezza L_i del tratto i-simo da inserire nel calcolo delle perdite, si stabilisce che tale lunghezza deve essere maggiorata del 10% per staffaggi in linea non isolati e, in caso di singolarità presenti nei circuiti di distribuzione (pompa di circolazione, valvola miscelatrice, flangia, bocchettone), deve essere incrementata di una lunghezza equivalente non isolata (dello stesso diametro del componente scoperto), riportata, per i vari sottocasi, nel prospetto A4.

θ_a indica la temperatura dell'ambiente nel quale è localizzato il tratto di tubazione considerato ed è determinato in base alla posizione della tubazione. Secondo la Normativa si deve fare riferimento ai valori riportati nella seguente tabella.

Posizione della tubazione	Temperatura [°C]
Corrente in ambienti climatizzati	Temperatura di set point
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro all'interno dello strato di isolamento principale	Temperatura di set point
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro all'esterno dello strato di isolamento principale	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Incassata in struttura non isolata delimitante l'involucro	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Incassata in struttura interna all'involucro	Temperatura di set point
Corrente all'esterno	Temperatura media mensile dell'aria esterna
Corrente in ambiente non climatizzato adiacente ad ambienti climatizzati	Temperatura dell'ambiente non climatizzato (si usa il fattore correttivo b_{tr} della zona non climatizzata)
Corrente in ambiente non climatizzato.	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1
Interrata (a profondità minore di 1 m)	Temperatura media mensile dell'aria interna
In centrale termica(nel caso in cui non sia adiacente ad ambienti non climatizzati)	Temperatura media mensile dell'aria esterna + 5°C

$\theta_{w,avg}$ è la temperatura media dell'acqua nel tratto di tubazione in esame. Si possono considerare quindi i valori medi di tale temperatura nei tratti di emissione, di distribuzione e di generazione; inoltre in alcuni casi si possono esplicitare anche i valori della temperatura (per ogni circuito) nel tratto di mandata e di ritorno. Si utilizzano le formule seguenti, riportate schematicamente in una tabella al variare del tipo di regolazione dei vari circuiti e della tipologia del circuito di generazione. Nelle formule seguenti si adatterà la seguente simbologia:

- La temperatura media nel tratto sarà indicata col pedice "avg", mentre, nel caso in cui sia possibile calcolare separatamente la temperatura media in mandata e in ritorno, queste saranno indicate rispettivamente con i pedici "f" e "r";
- La potenza globalmente richiesta nella zona di emissione è indicata con P_{em} [kW]; l'eventuale pedice "nom" si riferisce alla potenza dei terminali in condizioni di riferimento. La potenza globalmente richiesta nella zona di emissione P_{em} [kW] è data dal rapporto tra l'energia richiesta ai corpi scaldanti (Q_{em}) e il tempo di attivazione delle unità terminali t_{em} espresso in secondi. Spesso si può assumere il tempo di attivazione dei terminali identico a quello di accensione del generatore.
- La potenza globalmente richiesta alla zona di distribuzione è indicata con P_{distr} [kW] ed è ricavata dal rapporto tra fabbisogno termico alla rete di distribuzione (condotto in base alla normativa UNI/TS 11300-1) e il tempo di attivazione delle unità terminali espresso in secondi;
- La potenza globalmente richiesta al generatore è indicata con P_g [kW] ed è data dal rapporto tra il fabbisogno termico richiesto al generatore e il periodo di funzionamento della caldaia espresso in secondi;
- Il coefficiente n è l'esponente della curva caratteristica dell'unità terminale.

Valutazione temperatura nel sottosistema di emissione a seconda del tipo di regolazione. Tale tabella viene utilizzata soltanto per il calcolo della temperatura di ritorno nelle tubazioni.

<p>Regolazione continua della portata e/o della temperatura dei terminali</p>	$\theta_{w,avg,em} = \theta_{set-point} + \left(\frac{P_{em}}{P_{em,nom}} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \Delta\theta_{nom}$ <p>In cui $\Delta\theta_{nom}$ è il salto termico dell'unità terminale in condizioni di riferimento e n è l'esponente</p>
<p>Regolazione della portata on/off, con temperatura di mandata costante o con valvole termostatiche</p>	<p>La temperatura di mandata $\theta_{f,em}$ è un valore di progetto ($\theta_{f,em} = \theta_g$) oppure in caso di regolazione esclusivamente climatica $\theta_{f,em} = \theta_{r,g} = \theta_{r,cl,x}$. La temperatura di ritorno $\theta_{r,em}$ è ricavata dalla relazione $\theta_{r,em} = \theta_{f,em} - \frac{Q_{em}}{V_{em} \cdot c_{p,w}}$. La portata V_{em} è quella di progetto ($V_{em} = V_g$).</p> <p>Si può quindi ricavare il tempo di attivazione delle unità terminali t_{em} in base alla potenza nominale</p> $t_{em} = \frac{Q_{em}}{P_{em,nom}}$

Valutazione temperatura nel circuito della rete di utenza a seconda del tipo di regolazione

	<p>Circuito per solo riscaldamento</p>
<p>Nessuna regolazione di zona</p>	$\theta_{f,utz} = \theta_{f,em}$ $\theta_{r,utz} = \theta_{r,em}$ $V_{utz} = V_{em}$
<p>Regolazione con valvola miscelatrice di zona</p>	$\theta_{f,utz} = \theta_g \text{ (valore noto)}$ $\theta_{r,utz} = \theta_{r,em}$ $V_{utz} = V_{em} \frac{\theta_{f,em} - \theta_{r,em}}{\theta_{f,utz} - \theta_{r,utz}}$
<p>Regolazione di zona con temperatura di mandata variabile a portata costante</p>	$\theta_{f,utz} = \theta_{w,avg,em} + \frac{1}{2} \frac{P_{em}}{V_{em} \cdot c_{p,em}}$ $V_{utz} = V_{em} = V_g \text{ (valore di progetto)}$ $\theta_{r,utz} = \theta_{w,avg,em} - \frac{1}{2} \frac{P_{em}}{V_{em} \cdot c_{p,em}}$
<p>Regolazione di zona con temperatura di mandata variabile (regolazione climatica) e portata costante</p>	$\theta_{f,utz} = \theta_{f,cl,x}$ $V_{utz} = V_{em} = V_g \text{ (valore di progetto)}$ $\theta_{r,utz} = \theta_{f,em} - \frac{P_{em}}{V_{em} \cdot c_{p,em}}$
<p>Circuiti con regolazione dello scambio termico, ovvero in presenza di regolazioni con circuiti di bypass (ventilconvettori e circuiti con valvole monotubo)</p>	$\theta_{f,utz} \text{ valore di progetto}$ $V_{utz} = V_{em} = V_g \text{ (valore di progetto)}$ $\theta_{r,utz} = \theta_{f,utz} - \frac{P_{em}}{V_{em} \cdot c_{p,em}}$

Valutazione temperatura nel circuito della distribuzione a seconda del tipo di regolazione

	Circuito per solo riscaldamento	Circuito comune per riscaldamento e ACS
Per qualsiasi tipologia di regolazione	$\theta_{f,distr} = \theta_{f,utz}$ $\theta_{r,distr} = \theta_{r,utz}$	$\theta_{f,distr} = \max(\theta_{f,utz}; \theta_{ACS})$

Valutazione della temperatura nel sottosistema di generazione a seconda delle tipologie impiantistiche:

	Circuito per solo riscaldamento	Circuito comune per riscaldamento e ACS
Regolazione climatica in centrale termica	$\vartheta_{f,g} = \vartheta_{f,cl,x} = -\frac{(\vartheta_{f,cl,1} - \theta_{f,cl,2})}{(\theta_{e,cl,2} - \theta_{e,cl,1})} (\vartheta_{e,cl,x} - \vartheta_{e,cl,1}) + \vartheta_{f,cl,2}$ <p>oppure $\theta_{f,cl,x}$ è funzione della temperatura esterna secondo più spezzate di retta (caso di pannelli radianti)</p> $\theta_{r,g} = \theta_{r,distr} = \theta_{r,utz} = \theta_{r,em}$ $V_g = V_{em}$ (valore di progetto)	$\theta_{f,g} = \max(\theta_{f,g}; \theta_{ACS})$
Connessione diretta tra generatore e rete di distribuzione	$\theta_{f,g}$ valore di progetto $\theta_{r,g} = \theta_{r,distr} = \theta_{r,utz} = \theta_{r,em}$ $V_g = V_{em}$ (valore di progetto)	$\theta_{f,distr} = \max(\theta_{f,utz}; \theta_{ACS})$
Circuiti separati da uno scambiatore	$\theta_{f,g} = \theta_{f,distr} * X_{sc}$ $\theta_{r,g} = \theta_{r,distr} * X_{sc}$ dove X_{sc} è l'efficienza dello scambiatore	$\theta_{f,distr} = \max(\theta_{f,utz}; \theta_{ACS})$
Collegamento di più generatori in parallelo	$\theta_{r,g} = \theta_{r,em}$ o come da celle precedenti $\theta_{f,g} = \theta_{r,g} + 0,86 * P_g / V_g$	$\theta_{f,distr} = \max(\theta_{f,utz}; \theta_{ACS})$

Sia l'energia richiesta agli ausiliari sia quella corrispondente alle perdite termiche sono considerate in parte recuperabili se il tratto considerato scambia con ambienti climatizzati: in particolare è stabilito che le perdite termiche recuperabili sono valutate a partire da quelle totali moltiplicate per un opportuno coefficiente di recuperabilità (scelto da tabella in base alla posizione della tubazione); per quanto riguarda invece l'energia recuperata proveniente dal fabbisogno agli ausiliari, si utilizza indistintamente un fattore di default pari a 0,85. Complessivamente quindi vale la seguente relazione:

$$Q_{d,lrh} = Q_{d,l} * k_{rh} + Q_{aux,d} * 0,85 \text{ [Wh]}$$

Valori del coefficiente di recuperabilità delle perdite di distribuzione	
Posizione della tubazione	k_{rh}
Corrente in ambienti climatizzati	1
Incassata in struttura interna all'involucro	0,95
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro all'interno dello strato di isolamento principale	0,95
Incassata in struttura isolata delimitante l'involucro all'esterno dello strato di isolamento principale	0,05
Incassata in struttura non isolata delimitante l'involucro	$U_i/(U_i+U_e)$

Rispetto alla precedente versione della UNI/TS 11300-2, dunque, la quota di perdite recuperabili varia a seconda della posizione della tubazione: questo fa sì che il calcolo risulti generalmente più accurato rispetto a quello precedente, in cui si usava un unico valore (0,85) per il coefficiente di recuperabilità.

Sempre nell'Appendice A viene proposto un metodo analitico dettagliato per il calcolo delle perdite di distribuzione relative a circuiti con fluido termovettore aria. Tale metodo non viene descritto in questa sede poiché non è argomento del presente lavoro.

4.3 Perdite di generazione

Benché non sia stato apportato alcun tipo di modifica al paragrafo riguardante il calcolo delle perdite di generazione, nel presente paragrafo si descriverà la metodologia descritta nell'Appendice B della UNI/TS 11300-2, in quanto non presente nel precedente report "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario"².

La procedura proposta prevede due possibili metodologie:

- La prima (di seguito denominata "metodo di calcolo 1") deve essere adottata quando si abbiano a disposizione i dati dei generatori di calore dichiarati secondo la direttiva 92/42/CEE;
- La seconda (di seguito denominata "metodo di calcolo 2") deve essere usata quando non siano disponibili i dati dei generatori di calore previsti dalla direttiva suddetta.

Inoltre si prevede che:

- In caso di generatori a condensazione (monostadio, multistadio, modulanti) dei quali si vuole stimare il recupero termico (R) dovuto al calore latente di condensazione del vapor d'acqua contenuto nei fumi, si deve adottare il metodo di calcolo 2 con opportune modifiche (riportate sommariamente nel seguito ed in modo più dettagliato nella Normativa in esame, nel Capitolo B.3.5.3)
- In caso di generatori modulari (ovvero se sono presenti N_t moduli di identico modello assemblati in un'unica unità), si deve utilizzare il metodo di calcolo 2 per generatori modulanti, secondo le particolari specifiche riportate nel seguito.

Si descrivono schematicamente i due metodi proposti dalla Normativa (per maggiori dettagli si rimanda alla lettura dettagliata dell'Appendice B della Normativa suddetta).

²Si fa presente che i metodipresentati in questo paragrafo si applicano ai generatori di calore tradizionali a combustibili fossili. Le prestazioni delle pompe di calore, degli impianti allacciati a reti di teleriscaldamento e dei sistemi cogenerativi si possono valutare attraverso le procedure descritte nella prUNI/TS 11300 Parte 4 (rispettivamente, Capitoli 9, 10 e 11). Alcune precisazioni sulle pompe di calore sono fornite nel Paragrafo 4.4 del presente rapporto.

Metodo di calcolo 1

I dati di input da raccogliere sono:

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
Tipologia di generatore		[-]	Sopralluogo o scheda tecnica
Impianti serviti dal generatore		[-]	Sopralluogo o intervista
Ubicazione del generatore		[-]	Sopralluogo o intervista
Potenza termica utile nominale (P_n)		[kW]	Sopralluogo o scheda tecnica
Potenza termica utile nominale a carico intermedio (P_{int})		[kW]	Sopralluogo o scheda tecnica
Rendimento a potenza nominale ($\eta_{g,Pn}$)		[-]	Scheda tecnica secondo normativa 92/42/CEE
Rendimento a potenza intermedia ($\eta_{g,Pint}$)		[-]	Scheda tecnica secondo normativa 92/42/CEE
Perdite a carico nullo ($\Phi_{g,l,Po}$)		[-]	Scheda tecnica secondo normativa 92/42/CEE
Fabbisogno di energia a valle del circuito di distribuzione (Q_{gen})		[kWh/anno]	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1 e 2.
Fabbisogno di energia per ACS a monte del circuito di distribuzione ($Q_{distr,ACS}$)		[kWh/anno]	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1 e 2.
Tempo di attivazione del generatore (t_g)		[s]	Intervista all'utenza
Temperatura media dell'acqua nel generatore a potenza nominale in condizioni di prova ($\theta_{q,test,Pn}$)		[°C]	Progetto o prospetto
Temperatura media dell'acqua nel generatore a potenza intermedia in condizioni di prova ($\theta_{q,test,Pint}$)		[°C]	Progetto o prospetto
Temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni effettive ($\theta_{q,avg}$)		[°C]	Dati di progetto
Potenza degli ausiliari a pieno carico ($P_{aux,Pn}$)		[kW]	Dati di progetto o prospetto
Potenza degli ausiliari a carico intermedio ($P_{aux,Pint}$)		[kW]	Dati di progetto o prospetto
Potenza degli ausiliari a carico nullo ($P_{aux,Po}$)		[kW]	Dati di progetto o prospetto

Si deve inoltre verificare quale sia la potenza richiesta al generatore P_g [kW] - data dall'energia in uscita dal sottosistema di distribuzione (Q_{gen}) divisa per il tempo di attivazione del generatore espresso in secondi; inoltre occorre anche effettuare il calcolo del fattore di carico riferito alla potenza utile FC_{ux} , secondo la casistica riportata nella seguente tabella:

Unico generatore per solo riscaldamento	Generatori multipli per riscaldamento con ripartizione uniforme del carico	Generatori multipli per riscaldamento con priorità di utilizzo	Generatori combinati a servizio di riscaldamento e ACS
$FC_{ux} = P_g/P_n$	$FC_{ux} = P_g/\Sigma P_n$	$(FC_{ux})_{\max \text{ priorità}} = 1$ $(FC_{ux})_{\min \text{ priorità}} = (P_g - \Sigma(P_n)_{\max \text{ priorità}}) / \Sigma P_n$	Periodo di attivazione solo di riscaldamento: $FC_{ux} = P_g/P_n$ Periodo di attivazione di entrambi: $FC_{ux} = (P_g + P_{ACS})/P_n$

Calcolo delle perdite termiche

Se $0 < P_g < P_{\text{pint}}$, allora le perdite termiche sono date dalla seguente formula:

$$\Phi_{g,l,Pg} = (P_g / P_{\text{pint}}) * (\Phi_{g,l,P_{\text{pint}},cor} - \Phi_{g,l,P_0,cor}) + \Phi_{g,l,P_0,cor}$$

Se $P_{\text{pint}} < P_g < P_n$, allora le perdite termiche sono date dalla seguente formula:

$$\Phi_{g,l,Pg} = (P_g - P_{\text{pint}}) / (P_n - P_{\text{pint}}) * (\Phi_{g,l,P_n,cor} - \Phi_{g,l,P_{\text{pint}},cor}) + \Phi_{g,l,P_{\text{pint}},cor}$$

Nelle precedenti formule compaiono i termini di perdite termiche corrette a carico nullo, a carico intermedio e a carico nominale, che tengono conto della temperatura dell'acqua nelle condizioni effettive di esercizio; esse sono calcolate nel modo seguente:

$$\varphi_{g,l,P_0,cor} = \varphi_{g,l,P_0} \cdot \left(\frac{\theta_{g,avg} - \theta_{a,g}}{\theta_{test,avg} - \theta_{a,test}} \right)^{1,25}$$

$$\varphi_{g,l,P_{\text{pint}},cor} = (100 - \eta_{g,P_{\text{pint}},cor}) \cdot \varphi_{P_{\text{pint}}} \cdot \frac{1000}{\eta_{g,P_{\text{pint}},cor}}$$

$$\varphi_{g,l,P_n,cor} = (100 - \eta_{g,P_n,cor}) \cdot \varphi_{P_n} \cdot \frac{1000}{\eta_{g,P_n,cor}}$$

In queste formule sono presenti sia i rendimenti corretti valutati a carico nominale e intermedio e le temperature interna del locale di installazione del generatore ($\theta_{a,g}$), dell'ambiente di prova ($\theta_{a,e}$) e le temperature medie dell'acqua nel generatore nelle condizioni di utilizzo ($\theta_{g,avg}$) e media nella caldaia in condizioni di prova ($\theta_{test,avg}$). Le medie appena citate sono da considerarsi aritmetiche tra il valore di mandata e quello di ritorno. Questi ultimi valori sono calcolati in base a prospetti forniti nell'appendice A della revisione della norma UNI/TS 11300-2; si riportano invece di seguito le formule da usare per il calcolo dei rendimenti corretti nelle condizioni di carico nominale e intermedio:

$$\eta_{g,P_n,cor} = \eta_{g,P_n} + f_{cor,P_n} \cdot (\theta_{g,test,P_n} - \theta_{g,avg})$$

$$\eta_{g,P_{\text{pint}},cor} = \eta_{g,P_{\text{pint}}} + f_{cor,P_{\text{pint}}} \cdot (\theta_{g,test,P_{\text{pint}}} - \theta_{g,avg})$$

in cui $\theta_{g,test,P_n}$ e $\theta_{g,test,P_{\text{pint}}}$ sono le temperature medie dell'acqua nel generatore nelle condizioni di prova rispettivamente a potenza nominale e a potenza intermedia e i due valori f_{cor,P_n} e $f_{cor,P_{\text{pint}}}$ sono fattori di correzioni del rendimento (nelle condizioni di carico nominale e carico intermedio) scelti dai prospetti B1 e B2 della Normativa in questione in base al tipo di generatore.

Si può quindi calcolare l'energia dovuta alle perdite ($Q_{g,l,Pg}$) nell'intervallo di attivazione del generatore come prodotto delle perdite di carico per il tempo di funzionamento del generatore.

Calcolo dell'energia ausiliaria

Anche in questo caso, i dati da conoscere sono:

- Potenza degli ausiliari a carico 100% ($P_{aux,Pn}$)
- Potenza degli ausiliari a carico intermedio ($P_{aux,Pint}$)
- Potenza degli ausiliari a carico nullo ($P_{aux,Po}$)

L'energia ausiliaria ($Q_{aux,Pg}$) si ricava quindi moltiplicando la potenza media richiesta agli ausiliari $P_{aux,Px}$ (ottenuta per interpolazione lineare tra i valori a pieno carico, intermedi e nulli in funzione del fattore di carico FC_{ux}) per il tempo di attivazione del generatore.

In mancanza dei dati sulla potenza degli ausiliari da parte del fabbricante si possono utilizzare le correlazioni e i dati standard presenti nell'appendice B della revisione della normativa UNI/TS 11300-2.

Energia termica recuperabile

L'energia recuperabile dall'energia elettrica degli ausiliari è data dalla seguente formula:

$$Q_{aux,g,rh} = Q_{aux,Px} * 0,25 * (1 - b_g)$$

dove b_g è il fattore di riduzione della temperatura da scegliersi in base all'ubicazione del generatore (in particolare esso è pari a 1 se il generatore è esterno, 0,3 se il generatore si trova in centrale termica, altrimenti è preso nullo).

L'energia recuperabile dall'involucro del generatore è data da una frazione delle perdite totali a carico nullo:

$$Q_{env,g,rh} = \Phi_{g,Po,cor} * (1 - b_g) * p_{g,env} * t_g / 1000$$

dove il fattore correttivo $p_{g,env}$ indica la frazione delle perdite recuperate (0,5 per bruciatore atmosferico e 0,75 per bruciatore ad aria soffiata).

Risultato finale

Il fabbisogno di energia per la combustione, in ingresso al sistema di generazione, è quindi:

$$Q_{g,in} = Q_{gen} + Q_{g,l,Pg} - Q_{env,g,rh} - Q_{aux,g,rh}$$

Metodo di calcolo 2

Si distinguono cinque casi principali:

- 1) Generatore monostadio
- 2) Generatore multistadio e/o modulanti: in questo caso si considerano solo il funzionamento ad intermittenza alla minima potenza e il funzionamento continuo ad una potenza media tra la minima e la nominale.
- 3) Generatore a condensazione
- 4) Generatore modulare senza intercettazione idraulica dei singoli moduli
- 5) Generatore modulare con intercettazione idraulica dei moduli e funzionamento del minimo o massimo numero di moduli.

1) Per il primo caso i dati fondamentali richiesti dal calcolo sono i seguenti (si specifica che in alcuni casi è possibile se non sono presenti altri dati utilizzare i dati presenti nell'appendice B della revisione della normativa UNI/TS 11300-2):

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
Tipologia di generatore		[-]	Sopralluogo o scheda tecnica
Impianti serviti dal generatore		[-]	Sopralluogo o intervista
Ubicazione del generatore		[-]	Sopralluogo o intervista
Potenza termica utile nominale (P_n)		[kW]	Sopralluogo o scheda tecnica
Potenza termica utile nominale a carico intermedio (P_{int})		[kW]	Sopralluogo o scheda tecnica
Tempo di funzionamento del generatore con fiamma del bruciatore accesa (t_{on})		[-]	Sopralluogo o misura
Tempo di funzionamento del generatore con fiamma del bruciatore spenta (t_{off})		[-]	Sopralluogo o misura
Perdite al camino a bruciatore acceso in condizioni di prova ($P'_{ch,on}$)		[%]	Scheda tecnica o prospetto
Perdite al camino a bruciatore spento in condizioni di prova ($P'_{ch,off}$)		[%]	Scheda tecnica o prospetto
Perdite al mantello in condizioni di prova ($P'_{g,env}$)		[%]	Scheda tecnica o prospetto
Fabbisogno di energia a valle del circuito di distribuzione (Q_{gen})		[kWh/anno]	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1 e 2.
Fabbisogno di energia per ACS a valle del circuito di distribuzione ($Q_{gen,ACS}$)		[kWh/anno]	Calcolo secondo UNI/TS 11300-1 e 2.
Temperatura media dell'acqua nel generatore a potenza nominale in condizioni di prova ($\theta_{g,test,Pn}$)		[°C]	Progetto o prospetto
Temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni effettive ($\theta_{g,avg}$)		[°C]	Progetto
Potenza degli ausiliari a monte del focolare ($P_{aux,br}$)		[kW]	Progetto o prospetto
Potenza degli ausiliari a valle del focolare ($P_{aux,af}$)		[kW]	Progetto o prospetto

Si specifica, come per il primo metodo, che le temperature medie dell'acqua nel generatore sono da intendersi come medie aritmetiche tra la mandata e il ritorno.

Il fattore di carico viene calcolato in funzione delle perdite termiche e del tempo di attivazione secondo la seguente formula:

$$FC = \frac{100 \cdot (Q_g - Q_{af})}{(t_{on} + t_{off}) P_{ref}} + \phi_{ch,off} + \phi_{g,env} - \frac{P_{cn}}{P_{ref}} \phi_{ch,on} + \phi_{ch,off}$$

(con Q_{af} energia ausiliaria immessa dopo il focolare e recuperata, P_{ref} è la potenza di riferimento per il calcolo delle perdite al camino a bruciatore acceso e spento – e solitamente è pari alla potenza termica al focolare – e k_{br} fattore di recupero, scelto generalmente pari a 0,8). Il valore del fattore di carico verrà in seguito usato per calcolare il fabbisogno di combustibile.

2) Per il secondo caso, oltre ai dati richiesti nel caso precedente, occorre conoscere:

- Potenza termica minima al focolare ($P_{nom,min}$)
- Perdita alla potenza minima al focolare ($\phi_{ch,on,min}$)
- Potenza degli ausiliari alla potenza minima ($P_{br,min}$)

La procedura di calcolo è la stessa di quella per il generatore monostadio, utilizzando, come valori iniziali per il calcolo del fattore di carico, quelli alla potenza minima (ad esempio $P_{nom,min}$ al posto di P_{nom}). Se il fattore di carico converge ad un valore minore di uno, si procede fino al risultato finale. Se invece converge ad un valore maggiore di uno, allora occorre sostituire i valori relativi alla potenza minima con dei valori medi ricavati con le seguenti formule, adottando come primo valore di potenza media ($P_{nom,avg}$) la potenza nominale:

$$P'_{ch,on,avg} = P'_{ch,on,min} + (P'_{ch,on,max} - P'_{ch,on,min}) \frac{P_{nom,avg} - P_{nom,min}}{P_{nom} - P_{nom,min}}$$

$$P_{br,avg} = P_{br,min} + (P_{br,max} - P_{br,min}) \frac{P_{nom,avg} - P_{nom,min}}{P_{nom} - P_{nom,min}}$$

$$P_{nom,avg} = \frac{\left(\frac{Q_{gen} - Q_{af}}{t_{on} + t_{off}} + \left(P_{nom} \frac{P'_{g,env}}{100} \right) - P_{aux,br} \cdot k_{br} \right)}{\left(1 - \frac{P'_{ch,on,avg}}{100} \right)}$$

Il procedimento è iterativo fino a convergenza.

3) Per il terzo caso, oltre ai dati richiesti nel primo caso, devono essere anche disponibili:

Campo	Valore di input	Unità di misura	di Fonte
Temperatura di ritorno dell'acqua nel generatore ($\theta_{q,w,r}$)		[°C]	Dati di progetto o prospetto
Temperatura di scarico dei fumi (θ_{fi})		[°C]	Dati di progetto o prospetto
Tenore di ossigeno dei fumi alla potenza nominale ($O_{2,fi,dry}$)		[%]	Dati di progetto o prospetto
Umidità dell'aria comburente (HUM_{air})		[%]	Dati di progetto o prospetto
Umidità dei fumi di scarico (HUM_{fi})		[%]	Dati di progetto o prospetto
Potere calorifico inferiore del combustibile (H)		[kWh/Nmc] o [kWh/kg]	Dati di prospetto

Se i generatori a condensazione in esame sono multistadio o modulanti occorre inoltre avere i seguenti dati aggiuntivi rispetto alla tabella precedente:

Campo	Valore di input	Unità di misura	di Fonte
Temperatura di scarico dei fumi a potenza minima di focolare ($\theta_{fl,min}$)		[°C]	Progetto o prospetto
Potenza termica minima al focolare ($P_{nom,min}$)		[kW]	Progetto o prospetto
Tenore di ossigeno dei fumi alla potenza minima ($O_{2,fl,dry,min}$)		[%]	Progetto o prospetto

Il metodo consiste nel ricavare il valore del recupero termico di calore latente di condensazione del vapor d'acqua (R), espresso percentualmente. Tale valore è costituito dalla differenza tra il contenuto di vapor d'acqua nei fumi umidi effettivi e il contenuto di vapor d'acqua nei fumi all'uscita dal generatore. Tale valore va a ridurre le perdite di calore sensibile a bruciatore acceso ($\Phi_{ch,on}$). Il metodo di calcolo segue poi precisamente il calcolo per i generatori multistadio o modulanti espresso di seguito. Il fattore di recupero R è dato da:

$$R = 100 * Q_{cond} / H$$

dove Q_{cond} è il calore di condensazione dovuto alla quantità di condensa $M_{H_2O,cond}$ (quest'ultima è data dalla differenza tra la somma del contenuto di vapore nei fumi umidi stechiometrici e dell'aria comburente e il contenuto di vapore dei fumi di scarico; tali valori sono calcolati a partire dalla percentuale di ossigeno presente nei fumi di scarico e quindi dal volume effettivo dei fumi secchi).

Nel caso di generatore modulante occorre calcolare il tenore di ossigeno ad una potenza media come:

$$O_{2,fl,avg} = O_{2,fl,dry,min} + (O_{2,fl,dry} - O_{2,fl,dry,min}) * (P_{nom,avg} - P_{nom,min}) / (P_{nom} - P_{nom,min})$$

4) Per il quarto caso, ovvero quando non si ha un dispositivo di interruzione della circolazione dell'acqua nei moduli non in funzione, le perdite termiche si calcolano come se il generatore fosse modulante con potenza nominale pari alla somma delle potenze dei singoli moduli e con potenza minima pari alla somma delle potenze minime dei singoli moduli.

Il dato in più da conoscere è ovviamente il numero totale dei moduli (N_{moduli}).

5) Per il quinto caso, quando si ha una interruzione della circolazione dell'acqua nei moduli non interessati, si devono distinguere due sottocasi. Se l'obiettivo è far funzionare il numero minimo di moduli alla loro rispettiva potenza nominale, allora si calcola il fattore di carico come se il generatore fosse monostadio con potenza al focolare pari alla somma delle potenze nominali di tutti i moduli e si calcolano le perdite percentuali uguali a quelle del generatore modulare alla massima potenza. Le perdite effettive al generatore modulare si calcolano invece come se il modulo fosse modulante con potenza nominale massima ($FC=1$):

$$P_{nom,max} = \text{int}(N_{moduli} + 1) * P_{nom,module}$$

$$P_{nom,min} = P_{nom,min,module}$$

Se l'obiettivo è far funzionare il numero massimo di moduli alla loro rispettiva potenza minima, allora si calcola il fattore di carico come se il generatore fosse monostadio con potenza al focolare pari alla somma delle potenze minime di tutti i moduli e si calcolano le perdite percentuali uguali a quelle del generatore modulare alla minima potenza.

Quindi si calcola il numero di moduli in funzione con la formula:

$$N = \text{int}(N_{moduli} + 1)$$

Se $N > N_{moduli}$, significa che tutti i moduli sono in funzione e quindi comunque $N = N_{moduli}$.

Le perdite effettive al generatore modulare si calcolano invece come se il modulo fosse modulante con potenza pari a:

$$P_{nom,max} = N * P_{nom,module}$$

$$P_{nom,min} = P_{nom,min,module}$$

Calcolo delle perdite termiche

Le perdite termiche sono distinte in:

- Perdite di calore sensibile a bruciatore acceso ($Q_{ch,on}$) e perdite all'involucro del generatore ($Q_{g,env}$) durante il periodo di bruciatore acceso.
- Perdite di calore sensibile a bruciatore spento ($Q_{ch,off}$) e perdite all'involucro del generatore ($Q_{g,env}$) durante il periodo di bruciatore spento.

Le perdite termiche si calcolano come:

$$Q_{ch,on} = \Phi_{ch,on} * P_{nom} * t_{on} / 100$$

$$Q_{ch,off} = \Phi_{ch,off} * P_{nom} * t_{on} / 100$$

$$Q_{g,env} = \Phi_{g,env} * P_{nom} * t_{off} / 100$$

dove le perdite termiche $\Phi_{ch,on}$, $\Phi_{ch,off}$, $\Phi_{g,env}$, espresse percentualmente, sono calcolate in funzione del fattore di carico FC, delle temperature caratteristiche del gruppo di generazione e dei dati di perdite al camino e all'involucro raccolti come input. Tutte le formule, insieme ai prospetti con i dati standard, sono riportate nella revisione della normativa di riferimento. Il calcolo del fattore di carico utilizzato nelle formule delle perdite termiche, come si può notare dalla formula di calcolo, è iterativo. Il valore iniziale è quello unitario con cui si calcolano inizialmente tutte le perdite termiche. Quindi si ricalcola il fattore di calcolo e di nuovo le perdite termiche. Variazioni minori di 0,01 sul valore del fattore di carico determinano la fine del processo iterativo.

Calcolo dell'energia ausiliaria

L'energia ausiliaria è distinta in:

- Energia ausiliaria per apparecchi presenti dopo la camera di combustione ($Q_{aux,af}$).
- Energia ausiliaria per apparecchi prima della camera di combustione ($Q_{aux,br}$), presenti solo quando è acceso il bruciatore.

L'energia ausiliaria si calcola nel modo seguente:

$$Q_{aux,af} = P_{aux,af} * k_{af} * t_{on}$$

$$Q_{aux,br} = P_{aux,br} * k_{br} * t_{on}$$

Dove $P_{aux,af}$ è la potenza degli ausiliari posti dopo la camera di combustione (pompe del generatore...) e $P_{aux,br}$ è la potenza degli ausiliari posti prima della camera di combustione (ventilatore dell'aria comburente, pompa del combustibile...) e k_{af} e k_{br} sono i fattori di recupero termico, ipotizzati entrambi pari a 0,8.

Risultato finale

Il fabbisogno di energia per la combustione, in ingresso al sistema di generazione è quindi per il caso di generatori monostadio o multistadio con $FC < 1$:

$$Q_{g,in} = P_{nom} * (t_{on} + t_{off}) * FC$$

Nel caso di generatore multistadio o modulante con $FC > 1$:

$$Q_{g,in} = P_{nom,avg} * (t_{on} + t_{off}) * FC$$

4.4 Pompe di calore

La Normativa cui si fa riferimento per il calcolo delle prestazioni delle pompe di calore è la prUNI/TS 11300 Parte 4, nella versione sottoposta ad inchiesta pubblica (sino al 23 Settembre 2011) aggiornata con il "Documento di Lavoro per Riunione del GL 601 - 16 Dicembre 2011" e con la Revisione 06/02/2012.

Le pompe di calore per le quali è previsto un algoritmo di calcolo delle prestazioni sono sempre quelle elettriche e ad assorbimento; rimangono quindi escluse le pompe di calore a compressione azionate da motore endotermico, per le quali comunque si stabilisce che:

- I combustibili liquidi e gassosi utilizzati generalmente per il funzionamento del motore endotermico sono considerati vettori energetici al pari dell'energia elettrica usata per le pompe di calore a compressione di vapore ed i combustibili gassosi e liquidi per le pompe di calore ad assorbimento a fuoco diretto;
- Il fabbricante può fornire, sotto la propria completa responsabilità, valori di prestazione di queste macchine (CUC, coefficiente di utilizzazione del combustibile) a fattore di

carico CR unitario nelle stesse condizioni di temperatura di sorgente fredda e di pozzo caldo previste per le pompe di calore ad azionamento elettrico. In tal caso si può procedere al calcolo del fabbisogno di energia (in analogia con il metodo proposto per le pompe di calore elettriche) solamente nel caso in cui siano disponibili i dati su: quota di energia termica utile fornita dalla pompa di calore; quota di energia termica contestualmente fornita dal circuito di recupero del motore; potenza meccanica all'asse della pompa di calore; consumo di energia del motore; modalità di regolazione della macchina (a punto fisso con regolazione ON-OFF o con motore a giri variabili); fattori di correzione dell'efficienza in base al fattore di carico.

La revisione sopra citata riporta i valori del coefficiente di correzione dell'escursione termica giornaliera ($p_{h,mese}$).

Inoltre si riportano, a completamento del report precedente, i valori del coefficiente correttivo con cui calcolare il valore del GUE reale in caso di fattore di carico $CR < 1$. Si usa la formula $GUE = GUE' * C_D$, dove GUE' è il valore del Gas Utilization Efficiency in condizioni di fattore di carico unitario. Il valore del coefficiente correttivo C_D deve essere scelto in base al tipo di regolazione della pompa di calore (ON-OFF o modulante).

Unità di assorbimento con regolazione ON - OFF										
CR	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Cd	0.68	0.77	0.84	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1	1

Unità di assorbimento modulante										
CR	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Cd	0.72	0.81	0.88	0.83	0.97	0.99	1	1	1	1

CAPITOLO 5 – ILLUMINAZIONE E UTENZE ELETTRICHE

Per mantenere condizioni di comfort visivo nei diversi luoghi di lavoro, devono essere mantenuti dei valori di illuminamento medi che variano a seconda del tipo di lavoro cui i locali sono adibiti. Tali valori sono riportati nella Normativa UNI 12464-1:2004. Alcuni valori tipici di illuminamento richiesti per alcuni ambienti di lavoro sono riportati, a titolo esemplificativo, in Appendice IV.

Per il calcolo dei consumi per le utenze elettriche in un edificio, la Normativa di riferimento è invece la UNI 15193:2008. Entrambe queste Normative non presentano aggiornamenti.

La metodologia per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria per l'illuminazione è riportata anche nel Capitolo 10 della Normativa UNI/TS 11300 Parte 2. In tale sede si raccomanda, per valutazioni adattate all'utenza, di usare valori di assorbimento e tempi di funzionamento effettivi come input nel metodo di calcolo dettagliato.³ Solamente nel caso in cui tali dati non siano disponibili, si possono utilizzare valori pre-calcolati di riferimento elencati in appositi prospetti.

Si riporta dunque di seguito, a completamento dell'analisi di questo argomento, il metodo per il calcolo dettagliato dei consumi elettrici per illuminazione. Nel paragrafo successivo, invece, verranno descritti i principali aggiornamenti introdotti dalle Direttive UE in ambito di classificazione energetica degli apparecchi elettrodomestici.

5.1 Metodo di calcolo dettagliato per i consumi di illuminazione

Secondo il Capitolo 10 della Normativa UNI/TS 11300 Parte 2, il calcolo del fabbisogno di illuminazione deve essere effettuato su base annua. Se si vuole fare una valutazione mensile, si ripartisce il valore totale sui vari mesi in maniera proporzionale al numero di giorni. Di seguito dunque si farà riferimento, a meno che non sia espressamente indicato, ad un periodo di calcolo annuale.

L'energia elettrica (W) necessaria nell'edificio in questione può essere valutata sommando i contributi dell'energia spesa per l'illuminazione (W_L) e quella parassita spesa in condizioni di stand-by dagli apparecchi elettrici e quella necessaria per la carica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza (W_P):

$$W = W_L + W_P$$

I due addendi vengono ricavati utilizzando le seguenti relazioni:

$$W_L = \frac{\sum [P_n \times F_c \times F_o \times (t_N + t_D \times F_D)]}{1000}$$

$$W_P = \frac{\sum \{ \{ P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{em} \times t_{em}) \}}{1000}$$

Dove:

- P_n è la potenza complessiva degli apparecchi di illuminazione installati [W] presenti in una zona o in un locale; viene valutata a partire dai singoli apparecchi di illuminazione usando i dati forniti dal costruttore (in generale è data da $\sum P_i \cdot n_i + \sum 1.2 \cdot P_j \cdot n_j$, in cui P_i è la potenza delle lampade ad incandescenza, n_i è il numero di lampade ad incandescenza di potenza P_i , P_j è la potenza delle lampade alimentate con reattori, trasformatori... e n_j è il numero di lampade di quest'ultimo tipo di potenza P_j). Se non sono disponibili dati di progetto o se non si può verificare la potenza effettivamente installata degli apparecchi illuminotecnici, si può utilizzare un metodo di calcolo semplificato, riportato in appendice IV;
- P_{pc} è la potenza di tutti i sistemi di controllo degli apparecchi di illuminazione installati, presenti in una zona o in un locale, durante il periodo di non accensione delle sorgenti

³Per valutazioni di tipo A1 e A2 è sufficiente il metodo di calcolo semplificato (che però tende a sovrastimare il fabbisogno di energia elettrica annuo per illuminazione), in quanto tutti i fattori pre-calcolati utilizzati sono scelti in modo cautelativo.

- luminose [W]; anche questo valore deve essere calcolato in base ai valori dichiarati dal costruttore (in mancanza di tale dato si usa il valore di default di 5 kWh/(m² anno));
- P_{em} è la potenza necessaria alla carica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza installati in una zona o in un locale [W] (in mancanza di tale dato si usa il valore di default di 1kWh/(m² anno));
 - F_c è il fattore di illuminamento costante, legato alla presenza di un sistema di controllo a illuminamento costante ed è pari al rapporto tra la potenza effettiva e la potenza installata iniziale dell'apparecchio di illuminazione;
 - F_o è il fattore di presenza e dipende dalla tipologia dei relativi dispositivi di controllo utilizzati e dal tempo di non occupazione dello spazio;
 - F_D è il fattore di dipendenza dal daylight e valuta il contributo dell'illuminazione naturale vista sia in termini di disponibilità sia in termini di utilizzazione;
 - t_D sono le ore di funzionamento durante il periodo di disponibilità del daylight [h];
 - t_N sono le ore di funzionamento durante il periodo di non disponibilità del daylight [h];
 - t_y sono le ore nell'anno standard di riferimento (8760 h);
 - t_{em} sono le ore di carica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza [h].

Il metodo di calcolo semplificato prevede l'uso di valori di default per i fattori di controllo F_D, F_O e F_C, ricavati tramite opportune tabelle a seconda delle caratteristiche dell'edificio e delle caratteristiche e dalle condizioni operative del sistema di illuminazione.

Se si utilizza il metodo di calcolo dettagliato, i valori di questi parametri sono ricavati in maniera precisa; inoltre si può rendere il calcolo dell'energia elettrica richiesta in maniera ancora più precisa andando a valutare il fabbisogno mensile richiesto.

L'auditor che intenda utilizzare il metodo di calcolo dettagliato per valutare il fabbisogno di energia richiesta per illuminazione deve avere a disposizione diversi dati riguardanti le caratteristiche del locale e del sistema di illuminazione. Si riporta una possibile scheda di input, seguita dalla metodologia di calcolo prevista dalla Normativa in questione. Le definizioni di tutti gli input precedenti sono riportate nelle pagine seguenti.

Dati di input

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
ANALISI APPARECCHI PRESENTI			
Potenza P1		[W]	Sopralluogo
Numero di lampade ad incandescenza di potenza P1		[-]	Sopralluogo
Potenza P2		[W]	Sopralluogo
Numero di lampade ad incandescenza di potenza P2		[-]	Sopralluogo
...			Sopralluogo
Potenza Pj		[W]	Sopralluogo
Numero di lampade di altro tipo (non a incandescenza) di potenza Pj		[-]	Sopralluogo
...			Sopralluogo
Numero apparecchi di illuminazione di emergenza		[-]	Sopralluogo
Potenza di un apparecchio di illuminazione di emergenza		[W]	Sopralluogo
Ore di carica delle batterie di illuminazione di emergenza		[h]	Sopralluogo

Potenza dei sistemi di controllo dell'illuminazione			[W]	Sopralluogo
ANALISI SISTEMA DI CONTROLLO				
Tipo di accensione (manuale/automatico)			[-]	Sopralluogo
Tipo di regolazione (manuale/automatico)			[-]	Sopralluogo
Tipo di spegnimento (manuale/automatico)			[-]	Sopralluogo
ANALISI UTENZA				
Ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale			[h]	Sopralluogo
Ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale			[h]	Sopralluogo
CARATTERISTICHE AMBIENTE				
Latitudine di riferimento			[°]	Sopralluogo
Tipo di ambiente di riferimento (ufficio, ospedale, scuola...)			[-]	Sopralluogo
Lunghezza della stanza			[m]	Sopralluogo
Larghezza della stanza			[m]	Sopralluogo
Angolo tra parete e pavimento			[°]	Sopralluogo
Altezza del piano di lavoro			[m]	Sopralluogo
Altezza del corpo illuminante 1			[m]	Sopralluogo
Altezza del corpo illuminante 2			[m]	Sopralluogo
...				Sopralluogo
ANALISI FINESTRE				
<u>Finestra 1</u>				
Altezza finestra			[m]	Sopralluogo
Altezza dell'architrave della finestra			[m]	Sopralluogo
Trasmittanza della vetratura			[W/m ² K]	Sopralluogo
Trasmittanza della doppia vetratura (se presente)			[W/m ² K]	Sopralluogo
Tipo di telaio			[-]	Sopralluogo
Analisi ostruzioni (se presenti)	γ_{ob}		[°]	Sopralluogo
	γ_{ov}		[°]	Sopralluogo
	γ_{vf}		[°]	Sopralluogo
Analisi cortile/atrio (se presente)	Altezza		[m]	Sopralluogo
	Lunghezza		[m]	Sopralluogo
	Larghezza		[m]	Sopralluogo
<u>Finestra 2</u>				
...				
ANALISI LUCERNARI				
Dimensioni del lucernario			[m]	Sopralluogo
Tipo di vetro			[-]	Sopralluogo
Tipo di telaio			[-]	Sopralluogo
Trasmittanza della vetratura			[W/m ² K]	Sopralluogo
Altezza del lucernario			[m]	Sopralluogo

5.1.1 Calcolo del fattore di illuminamento costante F_c

Si utilizza la metodologia proposta nell'Appendice E della Norma UNI 15193:2008. Vale:

$$F_c = \frac{1+MF}{2} = \frac{1+LLMF \cdot LMF \cdot LSF \cdot RSFM}{2}$$

In cui:

- MF è detto genericamente fattore di manutenzione dello schema;
- LLMF è il fattore di manutenzione del flusso luminoso ed indica la riduzione specifica del flusso luminoso di una lampada nel corso della sua durata;
- LSF è il fattore di durata delle lampade ed indica la percentuale di lampade ancora funzionanti trascorso un certo periodo temporale di manutenzione;
- LMF è il fattore di manutenzione dell'apparecchio ed indica il calo di efficienza dell'apparecchio dovuto alla sporcizia accumulata nel periodo che intercorre tra due manutenzioni successive;
- RSFM è il fattore di manutenzione del locale ed indica il calo degli indici di riflessione delle superfici perimetrali dovuto alla sporcizia accumulata nel periodo che intercorre tra due pulizie successive.

Questi valori sono definiti nella pubblicazione CIE 097 "Maintenance of electric indoor lighting systems" e devono essere scelti tra quelli riportati nelle seguenti tabelle, in base alla tipologia di lampade e di supporti, alle dimensioni del locale ed alle caratteristiche di manutenzione sia degli apparecchi illuminanti che del locale.

In particolare si può far riferimento al fattore chiamato "indice del locale", definito come

$$K = \frac{a \cdot b}{h_u (a + b)}$$

Dove:

- a e b sono le dimensioni del locale (lunghezza e larghezza) in m;
- h_u è l'altezza utile tra l'apparecchio e il piano di lavoro, in m.

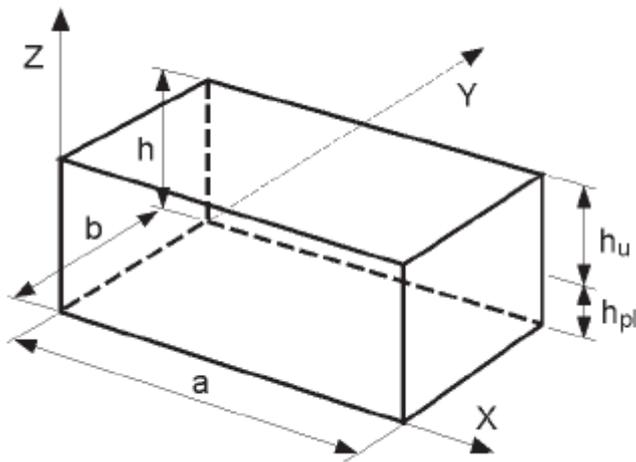


Tabella per la determinazione del fattore LLMF e LSF.

(Se è prevista la sostituzione singola delle lampade, si sceglie LSF pari a 1)

Durata di esercizio in 1000 ore		0,1	0,5	1	1,5	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Tipo lampade	Fattore																
Incandescenza	LLMF	1	0,97	0,93	0,89												
	LSF	1	0,98	0,5	0,03												
Fluorescenti a tre bande	LLMF	1	0,98	0,96	0,95	0,94	0,91	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,81				
	LSF	1	1	1	1	1	1	0,99	0,95	0,85	0,75	0,64	0,5				
Fluorescenti a una banda	LLMF	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,83	0,8	0,78	0,76	0,74	0,72	0,7				
	LSF	1	1	1	1	1	1	0,99	0,95	0,85	0,75	0,64	0,5				
Vapori di mercurio alta pressione	LLMF	1	0,99	0,97	0,95	0,93	0,87	0,8	0,76	0,72	0,68	0,64	0,61	0,58	0,55	0,53	0,52
	LSF	1	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,92	0,88	0,84	0,8	0,75	0,68	0,59	0,5
Ioduri metallici	LLMF	1	0,96	0,93	0,9	0,87	0,78	0,72	0,69	0,66	0,63	0,6	0,56	0,52			
	LSF	1	1	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,87	0,83	0,77	0,7	0,6	0,6			
Vapori di sodio alta pressione	LLMF	1	1	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	0,82	0,81	0,8
	LSF	1	1	1	1	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,85	0,8	0,75	0,69	0,6	0,5

Tabella per la determinazione del fattore di manutenzione dell'apparecchio LMF

Intervallo di pulizia apparecchi in anni	0,5			1			1,5			2			2,5			3		
	p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s
Condizioni dell'ambiente																		
Tipo apparecchi																		
Supporti a fascio libero	0,95	0,92	0,88	0,93	0,89	0,83	0,91	0,87	0,8	0,89	0,84	0,78	0,87	0,82	0,75	0,85	0,79	0,73
Riflettori aperti verso l'alto (effetto di autopulitura)	0,95	0,91	0,88	0,9	0,86	0,83	0,87	0,83	0,79	0,84	0,8	0,75	0,82	0,76	0,71	0,79	0,74	0,68
Riflettori chiusi verso l'alto (nessun effetto di autopulitura)	0,93	0,89	0,83	0,89	0,81	0,72	0,84	0,74	0,64	0,8	0,69	0,59	0,77	0,64	0,54	0,74	0,61	0,52
Apparecchi IP2X chiusi	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,85	0,79	0,73	0,83	0,77	0,71	0,81	0,75	0,68	0,79	0,73	0,65
Apparecchi IP5X antipolvere	0,96	0,93	0,91	0,94	0,9	0,86	0,92	0,88	0,83	0,91	0,86	0,81	0,9	0,85	0,8	0,9	0,84	0,79
Apparecchi a luce indiretta	0,92	0,89	0,85	0,86	0,81	0,74	0,81	0,73	0,65	0,77	0,66	0,57	0,73	0,6	0,51	0,7	0,55	0,45

Tabella per la determinazione del fattore di manutenzione del locale RSMF

Intervallo di pulizia locale in anni		0,5			1			1,5			2			2,5			3			
		p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s	p	n	s	
Condizioni dell'ambiente																				
Dimensioni locali/indice di locale	Tipo illuminazione																			
Piccolo/ K= 0,7	Diretta	0,97	0,96	0,95	0,97	0,94	0,93	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,99	0,94	0,92	0,89	0,94	0,92	0,88	
	Dir/Indir	0,94	0,88	0,84	0,9	0,86	0,82	0,89	0,83	0,8	0,87	0,82	0,78	0,85	0,8	0,75	0,84	0,79	0,74	
	Indiretta	0,9	0,84	0,8	0,85	0,78	0,73	0,83	0,75	0,69	0,81	0,73	0,66	0,77	0,7	0,62	0,75	0,68	0,59	
Medio /K=2,5	Diretta	0,98	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	
	Dir/Indir	0,95	0,9	0,86	0,92	0,88	0,85	0,9	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78	
	Indiretta	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,7	0,81	0,74	0,67	0,78	0,72	0,64	
Grande/ K=5,0	Diretta	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,93	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	
	Dir/Indir	0,95	0,9	0,86	0,94	0,88	0,85	0,9	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78	
	Indiretta	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,7	0,81	0,74	0,68	0,78	0,72	0,65	

Condizioni dell'ambiente di riferimento

Tali valori devono essere utilizzati nelle tabelle precedenti

Condizioni dell'ambiente	Intervallo massimo di manutenzione	Settori lavorativi
Pulito (P)	3 anni	Ambienti aseptici, centri di calcolo, reparti di assemblaggio di componenti elettroniche, ospedali
Normale (N)	2 anni	Uffici, negozi, scuole, laboratori, ristoranti, magazzini, capannoni di montaggio
Sporco (S)	1 anno	Acciaierie, impianti chimici, fonderie, impianti metallurgici, lavorazione del legno

5.1.2 Calcolo del fattore di presenza F_o

Il fattore di presenza F_o , detto anche fattore di dipendenza dall'occupazione, viene calcolato con la metodologia proposta dall'Appendice D della UNI 15193:2008. Tale valore viene preso di default pari a 1 nei seguenti casi:

- illuminazione centralizzata (attivata in più di un locale contemporaneamente);
- area illuminata da un gruppo di apparecchi (attivati manualmente o automaticamente) maggiore di 30 m², ad eccezione delle sale riunioni.

In tutti gli altri casi (sale riunioni non illuminate con un sistema centralizzato, aree illuminate minori di 30 m²) il fattore di presenza deve essere calcolato in base ai valori del fattore F_A (proporzione del tempo nel quale il locale non è occupato) e del fattore F_{OC} (fattore di occupazione). Il fattore F_A viene desunto dalla seguente tabella in base alla tipologia di edificio e di locale considerato.

Calcolo complessivo per l'edificio		Calcolo locale per locale		
Tipo di edificio	F _A	Tipo di edificio	Tipo di locale	F _A
Uffici	0,20	Uffici	Ufficio a cubicoli 1 persona	0,4
			Ufficio a cubicoli 2-6 persone	0,3
			Ufficio open space rilevamento >6 persone/30 m ²	0
			Ufficio open space rilevamento >6 persone/10 m ²	0,2
			Corridoio (regolato)	0,4
			Ingresso	0
			Esposizione	0,6
			Bagno	0,9
			Disimpegno	0,5
			Magazzino/guardaroba	0,9
			Locale tecnico	0,98
			Locale fotocopie/server	0,5
			Locale conferenze	0,5
Archivi	0,98			
Edifici a scopo scolastico	0,2	Edifici scolastici	Aula	0,25
			Locale per attività di gruppo	0,3
			Corridoio (regolato)	0,6
			Locale comune junior	0,5
			Locale di lettura	0,4
			Locale personale	0,4
			Palestra	0,3
			Mensa	0,2
			Locale comune personale insegnante	0,4
			Locale fotocopie/magazzino	0,4
			Cucina	0,2
			Biblioteca	0,4
Ospedali	0	Ospedali	Corsia/letto	0
			Esami/trattamenti	0,4
			Pre-operazione	0,4
			Corsia recupero	0
			Camera operatoria	0
			Corridoi	0
			Canalina/condotto(regolato)	0,7
			Sala d'attesa	0
			Ingresso	0
			Locale giorno	0,2
			Laboratorio	0,2
Impianti di produzione	0	Impianti di produzione	Locale assemblee	0
			Piccolo locale assembleare	0,2
			Magazzino	0,4
			Magazzino aperto	0,2
			Locale verniciatura	0,2
Hotel e ristoranti	0	Hotel e ristoranti	Ingresso	0
			Corridoio (regolato)	0,4
			Camera hotel	0,6
			Locale ristorante/caffetteria	0
			Cucina	0
			Locale conferenze	0,4
			Cucina/magazzino	0,5
Servizi per la vendita all'ingrosso e al dettaglio	0	Servizi per la vendita all'ingrosso e al dettaglio	Area vendita	0
			Deposito	0,2
			Deposito, refrigerato	0,6
Altre aree		Altre aree	Aree di attesa	0
			Scalinate (regolate)	0,2
			Palcoscenico e auditorium	0
			Locale congressi/espositiva	0,5
			Museo	0
			Biblioteca/area di lettura	0
			Biblioteca/archivio	0,9
			Palestra	0,3
			Ufficio parcheggio - Privato	0,95
			Parcheggio - Pubblico	0,8

Il valore del fattore di occupazione F_{OC} viene ricavato dalla seguente tabella in base al valore di F_A.

F_A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Accensione e spegnimento manuale	1,000	1,000	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,000
Accensione e spegnimento manuale + ulteriore segnale di spegnimento generale automatico	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,550	0,650	0,450	0,350	0,250	0,000
Accensione e regolazione automatica	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,550	0,650	0,450	0,350	0,250	0,000
Accensione e spegnimento automatico	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Accensione/regolazione manuale	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Accensione e spegnimento manuale	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000

Noti i valori di F_A e F_{OC} , il valore di F_O si ricava tramite le seguenti relazioni:

$$F_O = \begin{cases} 1 - \frac{(1 - F_{OC}) \cdot F_A}{0.2} & \text{se } 0 \leq F_A < 0.2 \\ F_{OC} + 0.2 - F_A & \text{se } 0.2 \leq F_A < 0.9 \\ [7 - (10 \cdot F_{OC})] \cdot (F_A - 1) & \text{se } 0.9 \leq F_A \leq 1.0 \end{cases}$$

5.1.3 Calcolo del fattore di dipendenza diurna F_D

Il fattore di dipendenza diurna dipende da varie caratteristiche del locale (geometria, presenza di finestre e lucernari e relative caratteristiche dei vetri), da presenza di ostruzioni e dalla latitudine della località. Tale fattore può essere valutato mensilmente utilizzando un apposito fattore di redistribuzione mensile, chiamato $c_{D,S}$. La formula cui fare riferimento è presentata nell'Appendice C della Normativa UNI 15193:2008:

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \cdot F_{D,C,n} \cdot c_{D,S,n})$$

Dove: $F_{D,n}$ è il fattore di dipendenza diurna, $F_{D,S,n}$ è il fattore di disponibilità di luce diurna, $F_{D,C,n}$ è il fattore di correzione della disponibilità di luce diurna e $c_{D,S,n}$ è appunto il fattore di redistribuzione mensile (il pedice n si riferisce, in ogni caso, al locale n in considerazione). I valori dei vari fattori che compaiono nella formula sono ricavati tramite le seguenti metodologie.

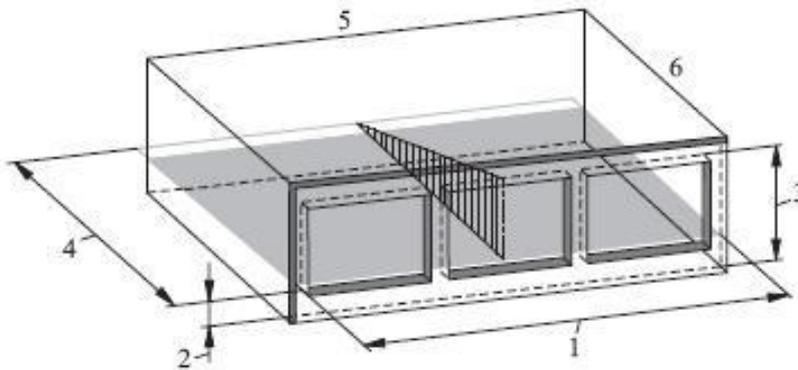
Il fattore di disponibilità di luce diurna è valutato considerando gli apporti di energia luminosa solare attraverso le finestre e i lucernari presenti nel locale n. Si valutano indipendentemente i valori di tali fattori per le finestre e per i lucernari: il valore finale da inserire è la media tra i vari fattori calcolati. Se sono presenti più finestre nella stessa stanza, si può calcolare il fattore di disponibilità per tutte le finestre ed usare in seguito il valore medio, oppure individuare (tra tutte quelle presenti) la finestra che risulta più influente ai fini del calcolo ed utilizzare solamente il relativo valore del fattore di disponibilità.

5.3.1 Calcolo del fattore di disponibilità di luce diurna attraverso le finestre

Sulla base della geometria del locale si valuta l'indice di profondità I_{DE} . $I_{DE} = \frac{a_D}{(h_{LI} - h_{TA})}$ (a_D è la profondità di illuminazione [m], h_{LI} è l'altezza dell'architrave della finestra [m], h_{TA} è l'altezza del piano di lavoro [m]; fare riferimento alla figura seguente)

Legenda

- 1 b_D
- 2 h_{Ta}
- 3 h_{Ll}
- 4 a_{D+max}
- 5 b_R
- 6 a_R



Si valuta quindi l'indice di trasparenza I_T , dato dal rapporto tra l'area fenestrata e l'area del piano di lavoro.

L'indice di ostruzione I_O dipende dalla presenza di sporgenze, aggetti e varie altre ostruzioni che in qualche modo riducono il passaggio della luce solare attraverso la finestra. Tale indice è valutato sommando i contributi dei vari indici di ostruzione per ostruzioni lineari, per sporgenze orizzontali e verticali, per cortili e atrii e per doppie facciate. Ogni contributo deve essere calcolato singolarmente attraverso specifiche formule riportate nella tabella di seguito (si fa riferimento alla schematizzazione adiacente ad ogni formula).

$$I_O = I_{OB} + I_{OV} + I_{VF} + I_{CA} + I_{GDF}$$

<p>Indice di ostruzione lineare I_{OB}</p> $I_{OB} = \begin{cases} \cos(1.5 \cdot \gamma_{OB}) & \text{se } \gamma_{OB} \leq 60^\circ \\ 0 & \text{se } \gamma_{OB} > 60^\circ \end{cases}$	
<p>Indice per sporgenze orizzontali I_{OV}</p> $I_{OV} = \begin{cases} \cos(1.33 \cdot \gamma_{OV}) & \text{se } \gamma_{OV} \leq 67.5^\circ \\ 0 & \text{se } \gamma_{OV} > 67.5^\circ \end{cases}$	

<p>Indice per sporgenze verticali I_{VF}</p> $I_{VF} = 1 - \frac{\gamma_{VF}}{300^\circ}$	
<p>Indice per cortili e atri I_{CA}</p> $I_{CA} = \begin{cases} 1 - 0.85 w_{id} & \text{per cortili} \\ \tau_{AT} \cdot k_{AT1} \cdot k_{AT2} \cdot k_{AT3} (1 - 0.85 w_{id}) & \text{per atri} \\ 0 & \text{se } w_{id} > 1.18 \end{cases}$ <p>Dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $w_{id} = \frac{h_{At} (l_{At} + w_{At})}{2l_{At} \cdot w_{At}}$ (vedere figura a lato) - τ_{AT} è la trasmittanza della vetratura - k_{AT1} è il fattore del telaio del soffitto dell'atrio - k_{AT2} è il fattore di sporco del soffitto - k_{AT3} è il fattore che tiene conto della non incidenza perpendicolare della luce ed è generalmente preso pari a 0.85 	$w_{id} = \frac{h_{At} (l_{At} + w_{At})}{2l_{At} \cdot w_{At}}$
<p>Indice per le doppie facciate I_{GDF}</p> $I_{GDF} = \tau_{GDF} \cdot k_{GDF1} \cdot k_{GDF2} \cdot k_{GDF3}$ <p>Dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> - τ_{GDF} è il fattore di trasmissione della doppia vetratura; - k_{GDF1} è il fattore che tiene conto dei telai della doppia facciata in vetratura; - k_{GDF2} è il fattore che tiene conto dello sporco della doppia facciata in vetratura e viene di solito preso unitario; - k_{GDF3} è il fattore che tiene conto della non incidenza perpendicolare della luce sulla doppia facciata in vetratura (generalmente preso a 0.85) 	

Noti i valori di questi tre indici, si calcola il fattore di luce diurna D_C secondo la formula:

$$D_C = (4.13 + 20 \cdot I_t - 1.36 \cdot I_{DE}) \cdot I_O \quad [\%]$$

In base a tale valore, si ricava la penetrazione diurna facendo riferimento alla tabella seguente:

D_c	Penetrazione diurna
D _c ≥ 6%	Forte
4 ≤ D _c < 6 %	Media
2 ≤ D _c < 4%	Debole
D _c < 2%	Assente

Infine si calcola il valore del fattore di disponibilità di luce diurna F_{D,S} secondo la relazione:

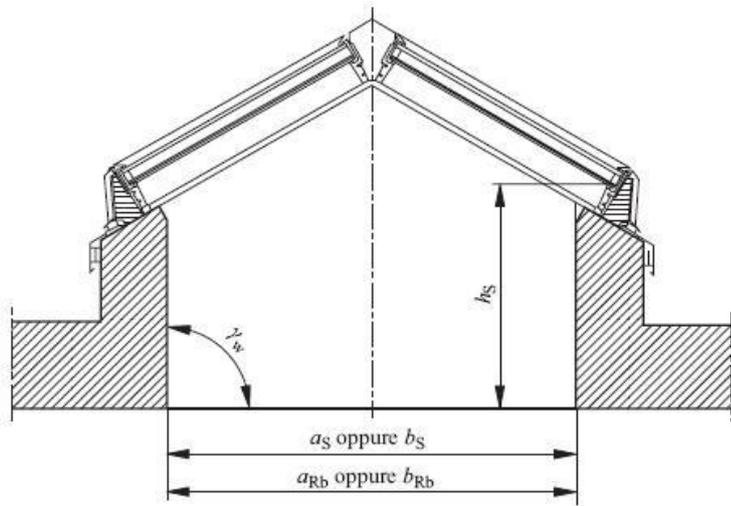
$$F_{D,S} = a + b \cdot \varphi$$

In cui i parametri a e b sono desunti dalla tabella seguente, in base al valore dell'illuminamento medio da mantenere e alla penetrazione diurna, mentre φ è l'angolo di latitudine della località in cui si trova l'edificio (in caso di penetrazione diurna assente, si prende ovviamente F_{D,S} = 0).

Illuminamento mantenuto [lux]	Penetrazione diurna	a	b
E ≤ 300	Debole	1.2425	-0.0117
	Media	1.3097	-0.0106
	Forte	1.2905	-0.0088
300 < E ≤ 750	Debole	0.9432	-0.0094
	Media	1.2425	-0.0117
	Forte	1.3220	-0.0110
E > 750	Debole	0.6692	-0.0067
	Media	1.0054	-0.0098
	Forte	1.2812	-0.0121

5.3.2 Calcolo del fattore di disponibilità di luce diurna attraverso i lucernari

Si faccia riferimento alla seguente figura, in cui sono rappresentate le dimensioni caratteristiche di un lucernario.



Si calcola l'indice del locale $k = \frac{a_{RS} \cdot b_{RS}}{h_S (a_{RS} + b_{RS})}$ (a_{RS} è la profondità del locale, b_{RS} è la larghezza

del locale e h_S è la differenza tra l'altezza del locale e l'altezza del piano di lavoro). In base a tale valore ed alle dimensioni del locale si ricava il fattore di utilizzo η_R tramite la seguente tabella.

a_s/b_s	1			2			5			1			2			5		
h_s/b_s	0,25			0,25			0,25			0,5			0,5			0,5		
γ_w	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90
k																		
0,6	40	41	38	40	40	39	41	41	40	40	41	36	40	41	37	42	43	39
0,8	53	54	50	53	54	51	54	55	52	53	55	46	53	55	49	55	57	51
1,0	59	60	56	59	60	57	60	61	59	60	61	51	60	61	54	62	66	56
1,25	68	69	64	68	69	66	69	70	67	69	69	58	69	70	62	71	72	64
1,5	75	75	69	75	75	71	76	76	72	76	75	63	76	76	67	78	78	69
2,0	83	83	77	83	83	79	84	84	80	84	82	69	84	83	73	87	85	75
2,5	89	88	81	89	88	84	90	89	85	90	87	73	90	88	77	92	90	79
3,0	93	92	85	93	92	87	94	93	88	94	90	76	94	91	81	96	93	86
4,0	98	96	90	98	97	92	99	98	93	99	95	80	98	96	85	100	98	87
5,0	102	100	92	102	100	95	103	101	96	102	97	82	102	99	87	104	101	89

Si usa quindi la formula $D_L = D_{ext} \cdot \tau_{D65} \cdot k_{Ob11} \cdot k_{Ob12} \cdot k_{Ob13} \frac{\sum A_{rb}}{A_{RG}} \cdot \eta_R$, in cui:

- D_{ext} è il fattore della luce diurna esterna, definito come il rapporto percentuale, in caso di cielo coperto, tra l'illuminamento della superficie esterna del lucernario nel piano della vetratura e l'illuminamento orizzontale in assenza di ostruzioni;
- τ_{D65} è la trasmittanza della vetratura per diffusione (i principali valori sono riportati nel seguente prospetto);
- k_{Ob11} è il fattore di intelaiatura ed è generalmente preso pari a 0.8;
- k_{Ob12} è il fattore di sporco ed è anch'esso preso generalmente pari a 0.8;
- k_{Ob13} è il fattore che tiene conto dell'incidenza non perpendicolare della luce sul lucernario ed è generalmente preso pari a 0.85;
- A_{rb} sono tutte le aree di apertura del lucernario, mentre A_{RG} è l'area del locale;
- η_R è il fattore di utilizzo precedentemente definito.

Tipo	Composizione	Tipo	U	g	τ_{D65}
			[W/(m ² K)]	[-]	[-]
A	Vetratura acrilica, rivestimento singolo	Trasparente	5,4	0,85	0,92
	Vetratura acrilica, rivestimento singolo	Opalescente	5,4	0,80	0,83
	Vetratura acrilica, rivestimento doppio	Trasparente	2,7	0,78	0,80
	Vetratura acrilica, rivestimento doppio	Opalescente/trasparente	2,7	0,72	0,73
	Vetratura acrilica, rivestimento triplo	Trasparente	1,8	0,66	0,68
	Vetratura acrilica, rivestimento triplo	Opalescente/opalescente/ trasparente	1,8	0,64	0,60
B	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 6 mm	Trasparente	3,6	0,86	0,82
	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 6 mm	Opalescente	3,6	0,78	0,64
	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 8 mm	Trasparente	3,3	0,81	0,81
	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 8 mm	Opalescente	3,3	0,70	0,62
	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 10 mm	Trasparente	3,1	0,85	0,80
	Foglio in policarbonato strutturato, doppio rivestimento, 10 mm	Opalescente	3,1	0,70	0,50
	Foglio in policarbonato strutturato, triplo rivestimento, 10 mm	Trasparente	3,0	0,69	0,73
	Foglio in policarbonato strutturato, triplo rivestimento, 10 mm	Opalescente	3,0	0,62	0,52
	Foglio in policarbonato strutturato, quadruplo rivestimento, 10 mm	Opalescente	2,5	0,59	0,50
	Foglio in policarbonato strutturato, triplo rivestimento, 16 mm	Trasparente	2,4	0,69	0,72
	Foglio in policarbonato strutturato, triplo rivestimento, 16 mm	Opalescente	2,4	0,55	0,48
	Foglio in policarbonato strutturato, quintuplo rivestimento, 16 mm	Opalescente	1,9	0,52	0,45
	Foglio in policarbonato strutturato, sestuplo rivestimento, 16 mm	Opalescente	1,85	0,47	0,42
	Foglio in policarbonato strutturato, quintuplo rivestimento, 20 mm	Trasparente	1,8	0,70	0,64
	Foglio in policarbonato strutturato, quintuplo rivestimento, 20 mm	Opalescente	1,8	0,46	0,44
	Foglio in policarbonato strutturato, quadruplo rivestimento, 25 mm	Trasparente	1,7	0,62	0,68
	Foglio in policarbonato strutturato, quadruplo rivestimento, 25 mm	Opalescente	1,7	0,53	0,45
	Foglio in policarbonato strutturato, sestuplo rivestimento, 25 mm	Trasparente	1,45	0,67	0,62
Foglio in policarbonato strutturato, sestuplo rivestimento, 25 mm	Opalescente	1,45	0,46	0,44	

Tipo	Composizione	Tipo	U_g [W/(m ² K)]	g	τ_{D65}
A	4 mm vetro luddato 16 mm aria 4 mm vetro lucidato	Doppio pannello trasparente	2,8	0,79	0,81
A	4 mm vetro rinforzato 16 mm argo 4 mm vetro lucidato con rivestimento	Doppio pannello trasparente Bassa energia	1,2	0,59	0,76
A	4 mm vetro rinforzato 14 mm argo 33,1 vetro lucidato laminato	Doppio pannello trasparente Bassa energia	1,2	0,54	0,75
A	4 mm rinforzato 14 mm aria 33,1 vetro lucidato laminato con rivestimento	Doppio pannello trasparente Bassa energia, protezione solare	1,2	0,27	0,42
B	Vetro laminato 6,2 16 mm aria, 6 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,67	0,77
B	Vetro laminato 6,2 16 mm aria, 8 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,67	0,77
B	Vetro laminato 8,2 16 mm aria, 6 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,65	0,77
B	Vetro laminato 8,2 16 mm aria, 8 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,65	0,76
B	Vetro laminato 10,2 16 mm aria, 6 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,63	0,76
B	Vetro laminato 10,2 16 mm aria, 8 mm vetro lucidato	Trasparente	2,7	0,63	0,76
B	Vetro laminato 6,2 16 mm argo, 6 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,52	0,72
B	Vetro laminato 6,2 16 mm argo, 8 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,52	0,71
B	Vetro laminato 8,2 16 mm argo, 6 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,51	0,71
B	Vetro laminato 8,2 16 mm argo, 8 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,51	0,70
B	Vetro laminato 10,2 16 mm argo, 6 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,50	0,70
B	Vetro laminato 10,2 16 mm argo, 8 mm vetro lucidato	Rivestito, argento	1,1	0,49	0,70
B	6 mm vetro rinforzato (trasparenza extra) 18 mm argo, 33,1 vetro lucidato laminato	Doppio pannello trasparente	1,5	0,61	0,79
B	6 mm vetro rinforzato (verde) 18 mm argo, 33,1 vetro lucidato laminato	Doppio pannello trasparente	1,5	0,38	0,64
B	6 mm vetro rinforzato (grigio) 18 mm argo, 33,1 vetro lucidato laminato	Doppio pannello trasparente	1,5	0,34	0,39
B	6 mm vetro rinforzato (trasparenza extra) 18 mm argo, 44,1 vetro lucidato laminato	Doppio pannello trasparente	1,5	0,55	0,78

In base al valore di D_L ricavato, si calcola la penetrazione diurna attraverso il lucernario facendo riferimento alla tabella seguente.

D_L	Penetrazione diurna
$D_L \geq 7\%$	Forte
$4 \leq D_L < 7\%$	Media
$2 \leq D_L < 4\%$	Debole
$D_L < 2\%$	Assente

Il valore del fattore di disponibilità di luce diurna attraverso i lucernari si ricava, in base al valore dell'illuminamento medio da mantenere e della penetrazione diurna, dalle seguenti tabelle (si deve scegliere, tra le seguenti, la città che somiglia più a quella in cui si trova il locale in considerazione dal punto di vista della latitudine e quindi della radiazione solare incidente).

ATENE (LATITUDINE 38°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna Angoli di inclinazione (°)	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,97	0,99	1,00	0,93	0,97	0,99	0,86	0,94	0,97
Sud	30	0,96	0,98	0,99	0,91	0,97	0,98	0,84	0,93	0,97
	45	0,94	0,96	0,99	0,88	0,96	0,98	0,80	0,93	0,96
	60	0,92	0,96	0,98	0,83	0,95	0,97	0,75	0,91	0,94
	90	0,81	0,96	0,97	0,68	0,92	0,93	0,57	0,85	0,86
Est/Ovest	30	0,94	0,98	0,99	0,88	0,95	0,98	0,79	0,91	0,96
	45	0,90	0,98	0,99	0,80	0,94	0,97	0,69	0,87	0,93
	60	0,84	0,97	0,98	0,70	0,91	0,95	0,59	0,82	0,88
	90	0,66	0,94	0,95	0,49	0,85	0,87	0,39	0,72	0,73
Nord	30	0,93	0,98	0,99	0,84	0,94	0,97	0,74	0,89	0,94
	45	0,87	0,97	0,99	0,75	0,92	0,96	0,62	0,84	0,90
	60	0,78	0,96	0,98	0,61	0,88	0,92	0,45	0,77	0,83
	90	0,50	0,92	0,93	0,27	0,79	0,81	0,18	0,60	0,62

BRATISLAVA (LATITUDINE 48°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna Angoli di inclinazione (°)	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,87	0,92	0,94	0,79	0,88	0,92	0,70	0,82	0,88
Sud	30	0,86	0,92	0,94	0,78	0,87	0,91	0,70	0,81	0,88
	45	0,85	0,91	0,94	0,76	0,86	0,91	0,67	0,80	0,86
	60	0,83	0,90	0,93	0,74	0,84	0,89	0,64	0,77	0,84
	90	0,77	0,86	0,91	0,66	0,78	0,85	0,56	0,70	0,79
Est/Ovest	30	0,85	0,92	0,94	0,75	0,86	0,91	0,65	0,79	0,87
	45	0,82	0,91	0,94	0,71	0,84	0,90	0,59	0,76	0,85
	60	0,79	0,89	0,93	0,66	0,81	0,89	0,54	0,71	0,82
	90	0,71	0,85	0,90	0,55	0,73	0,83	0,42	0,61	0,74
Nord	30	0,84	0,92	0,94	0,73	0,85	0,91	0,61	0,77	0,86
	45	0,81	0,91	0,94	0,67	0,83	0,90	0,55	0,73	0,83
	60	0,77	0,89	0,93	0,60	0,79	0,88	0,44	0,67	0,80
	90	0,67	0,83	0,90	0,45	0,70	0,82	0,30	0,53	0,71

FRANCOFORTE (LATITUDINE 50°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna Angoli di inclinazione (°)	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,88	0,95	0,97	0,78	0,89	0,94	0,66	0,82	0,9
Sud	30	0,85	0,94	0,96	0,73	0,87	0,93	0,62	0,79	0,88
	45	0,81	0,91	0,95	0,68	0,83	0,91	0,57	0,74	0,84
	60	0,75	0,88	0,93	0,61	0,77	0,86	0,51	0,67	0,78
	90	0,56	0,72	0,83	0,44	0,59	0,7	0,35	0,49	0,6
Est/Ovest	30	0,84	0,93	0,96	0,71	0,86	0,93	0,58	0,77	0,87
	45	0,78	0,91	0,95	0,63	0,81	0,9	0,5	0,7	0,82
	60	0,7	0,87	0,93	0,53	0,74	0,85	0,41	0,6	0,75
	90	0,46	0,67	0,81	0,33	0,5	0,65	0,24	0,38	0,51
Nord	30	0,82	0,93	0,95	0,69	0,85	0,92	0,55	0,75	0,86
	45	0,76	0,9	0,95	0,59	0,8	0,89	0,45	0,67	0,81
	60	0,66	0,85	0,92	0,45	0,71	0,83	0,31	0,54	0,72
	90	0,38	0,63	0,78	0,23	0,41	0,6	0,15	0,28	0,42

LIONE (LATITUDINE 46°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna Angoli di inclinazione (°)	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,90	0,95	0,96	0,82	0,91	0,94	0,73	0,86	0,91
Sud	30	0,89	0,94	0,96	0,81	0,90	0,94	0,72	0,85	0,90
	45	0,88	0,94	0,96	0,79	0,89	0,93	0,70	0,83	0,89
	60	0,86	0,93	0,95	0,76	0,87	0,92	0,66	0,80	0,88
	90	0,80	0,89	0,93	0,68	0,82	0,89	0,57	0,73	0,82
Est/Ovest	30	0,89	0,94	0,96	0,80	0,90	0,94	0,69	0,84	0,90
	45	0,87	0,93	0,96	0,76	0,88	0,93	0,64	0,80	0,89
	60	0,84	0,92	0,95	0,70	0,85	0,92	0,57	0,76	0,86
	90	0,76	0,89	0,93	0,59	0,78	0,88	0,45	0,66	0,79
Nord	30	0,88	0,94	0,96	0,78	0,89	0,94	0,66	0,82	0,90
	45	0,85	0,93	0,96	0,72	0,87	0,93	0,58	0,78	0,88
	60	0,81	0,92	0,95	0,65	0,84	0,91	0,49	0,72	0,84
	90	0,71	0,88	0,93	0,49	0,75	0,86	0,33	0,58	0,76

LONDRA (LATITUDINE 51°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,85	0,91	0,94	0,76	0,86	0,91	0,66	0,80	0,86
Sud	30	0,84	0,91	0,93	0,75	0,85	0,90	0,66	0,79	0,86
	45	0,83	0,90	0,93	0,73	0,84	0,89	0,64	0,77	0,84
	60	0,80	0,88	0,92	0,70	0,82	0,88	0,61	0,74	0,82
	90	0,74	0,84	0,89	0,62	0,76	0,83	0,52	0,67	0,76
Est/Ovest	30	0,83	0,90	0,93	0,72	0,84	0,90	0,62	0,77	0,85
	45	0,80	0,89	0,93	0,68	0,82	0,88	0,57	0,73	0,83
	60	0,77	0,88	0,92	0,63	0,79	0,87	0,51	0,69	0,80
	90	0,68	0,83	0,89	0,52	0,71	0,81	0,40	0,59	0,72
Nord	30	0,81	0,90	0,93	0,70	0,83	0,89	0,59	0,75	0,84
	45	0,78	0,89	0,93	0,65	0,80	0,88	0,52	0,70	0,81
	60	0,74	0,87	0,92	0,57	0,77	0,86	0,43	0,64	0,78
	90	0,64	0,81	0,88	0,45	0,67	0,80	0,31	0,52	0,68

STOCOLMA (LATITUDINE 59.5°)

Orientamento	Classificazione della disponibilità della luce diurna	Illuminamento mantenuto (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte	Debole	Media	Forte
Orizzontale	0	0,75	0,82	0,86	0,66	0,76	0,81	0,56	0,69	0,76
Sud	30	0,75	0,82	0,86	0,67	0,76	0,81	0,58	0,70	0,77
	45	0,74	0,81	0,85	0,65	0,75	0,80	0,56	0,69	0,75
	60	0,72	0,80	0,84	0,63	0,73	0,79	0,54	0,67	0,74
	90	0,66	0,76	0,81	0,56	0,68	0,75	0,47	0,60	0,69
Est/Ovest	30	0,72	0,81	0,85	0,62	0,74	0,80	0,51	0,66	0,74
	45	0,70	0,80	0,84	0,58	0,71	0,79	0,47	0,63	0,72
	60	0,66	0,78	0,83	0,53	0,68	0,77	0,42	0,58	0,69
	90	0,58	0,72	0,79	0,43	0,60	0,71	0,32	0,49	0,61
Nord	30	0,71	0,80	0,85	0,60	0,72	0,79	0,49	0,64	0,73
	45	0,67	0,78	0,84	0,54	0,69	0,77	0,40	0,59	0,70
	60	0,63	0,76	0,82	0,45	0,66	0,75	0,32	0,53	0,66
	90	0,53	0,70	0,78	0,34	0,56	0,68	0,23	0,41	0,57

5.3.3 Calcolo del fattore di correzione di disponibilità della luce diurna $F_{D,C}$ e del fattore di redistribuzione mensile $c_{D,S}$

il fattore di correzione di disponibilità della luce diurna $F_{D,C}$ si ricava a partire dalla tabella seguente, in base al valore della penetrazione diurna e del tipo di controllo del sistema di illuminazione.

Controllo del sistema di illuminazione artificiale	$F_{D,C,n}$ in funzione della penetrazione della luce diurna		
	Debole	Media	Forte
Manuale	0,20	0,30	0,40
Automatica, dipendente dalla luce diurna	0,75	0,77	0,85

Infine, il fattore di redistribuzione mensile $c_{D,S}$ viene scelto in base alla penetrazione diurna ed a valutazioni di somiglianza climatica rispetto alle città europee prese come riferimenti (in particolare in base alla latitudine del luogo) secondo il seguente prospetto.

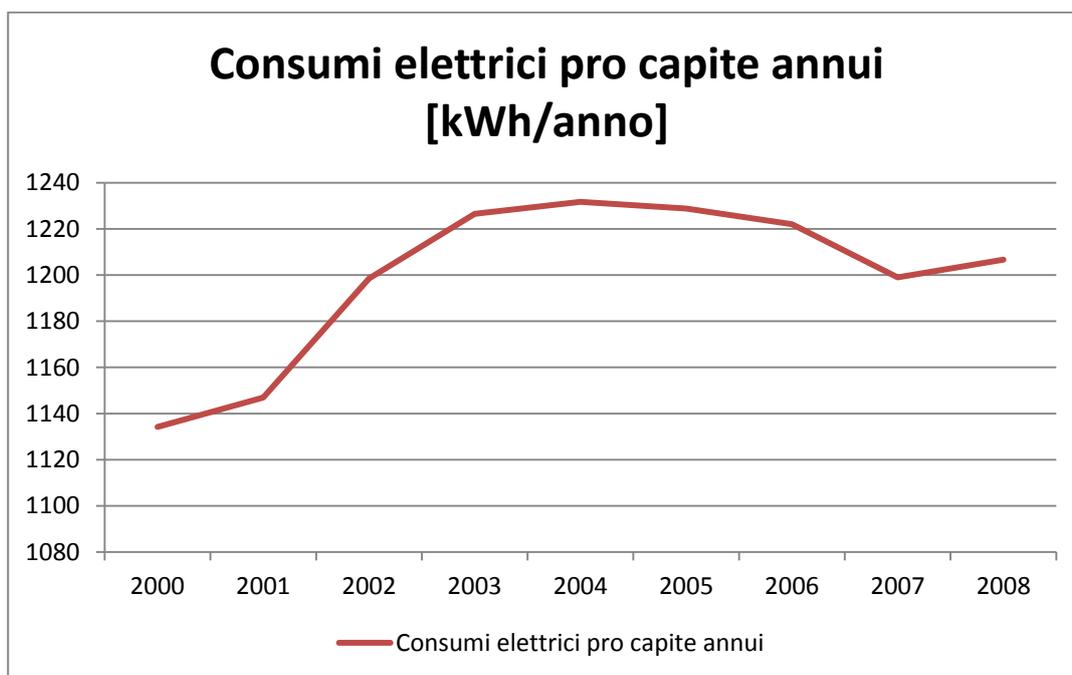
Stazione climatologica/località		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Watford, GB 52°N	Debole	0,38	0,68	1,02	1,36	1,56	1,62	1,53	1,39	1,13	0,77	0,28	0,28
	Media	0,47	0,80	1,05	1,30	1,46	1,42	1,40	1,35	1,16	0,89	0,35	0,35
	Forte	0,61	0,88	1,07	1,24	1,30	1,28	1,28	1,28	1,16	0,97	0,47	0,47
Francoforte, DE 50°N	Debole	0,43	0,65	0,94	1,33	1,46	1,58	1,55	1,41	1,08	0,76	0,46	0,34
	Media	0,50	0,73	1,01	1,28	1,38	1,44	1,43	1,35	1,11	0,83	0,53	0,40
	Forte	0,62	0,84	1,07	1,21	1,27	1,28	1,28	1,25	1,12	0,91	0,64	0,51
Atene, GR 38°N	Debole	0,65	0,87	1,08	1,22	1,25	1,17	1,24	1,20	1,04	0,93	0,75	0,60
	Media	0,74	0,91	1,05	1,13	1,17	1,15	1,19	1,14	1,05	0,95	0,81	0,69
	Forte	0,83	0,97	1,05	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08	1,05	0,97	0,87	0,78
Bratislava, SK 48°N	Debole	0,45	0,79	1,02	1,34	1,41	1,51	1,40	1,37	1,05	0,83	0,48	0,35
	Media	0,54	0,88	1,05	1,25	1,32	1,37	1,32	1,29	1,08	0,91	0,57	0,43
	Forte	0,65	0,94	1,06	1,18	1,23	1,24	1,23	1,21	1,08	0,95	0,67	0,54
Lione, FR 46°N	Debole	0,49	0,74	1,09	1,26	1,35	1,41	1,38	1,31	1,09	0,87	0,56	0,42
	Media	0,59	0,84	1,11	1,21	1,25	1,27	1,26	1,25	1,11	0,94	0,66	0,51
	Forte	0,70	0,92	1,10	1,14	1,17	1,16	1,17	1,17	1,10	0,98	0,76	0,63
Gavle, S 61°N	Debole	0,21	0,55	1,04	1,45	1,62	1,73	1,68	1,55	1,10	0,65	0,27	0,12
	Media	0,25	0,65	1,12	1,42	1,53	1,57	1,56	1,51	1,16	0,75	0,33	0,15
	Forte	0,32	0,77	1,17	1,35	1,44	1,44	1,45	1,42	1,19	0,84	0,42	0,19

5.2 Caratterizzazione dei consumi elettrici in ambito residenziale e terziario

Sia in ambito residenziale che terziario, l'energia elettrica riveste un ruolo particolarmente significativo tra i consumi energetici e per tale motivo, negli ultimi anni, è forte l'esigenza di sensibilizzare l'opinione pubblica sulla necessità del risparmio energetico anche in questo settore. Molti studi sono stati condotti, in tutto il mondo, sui modelli di consumo delle varie categorie di utenze (famiglie e terziario in primis): tra di essi, ad esempio, si ricorda il progetto europeo Eureco (che in Italia ha avuto il suo naturale proseguimento nel progetto Micene del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano, durante il periodo 2000 - 2002). In ambito residenziale, il risparmio energetico per l'illuminazione e per gli elettrodomestici è stato argomento di numerose conferenze internazionali, ad esempio la EEDAL'06, svoltasi a Londra nel 2006.

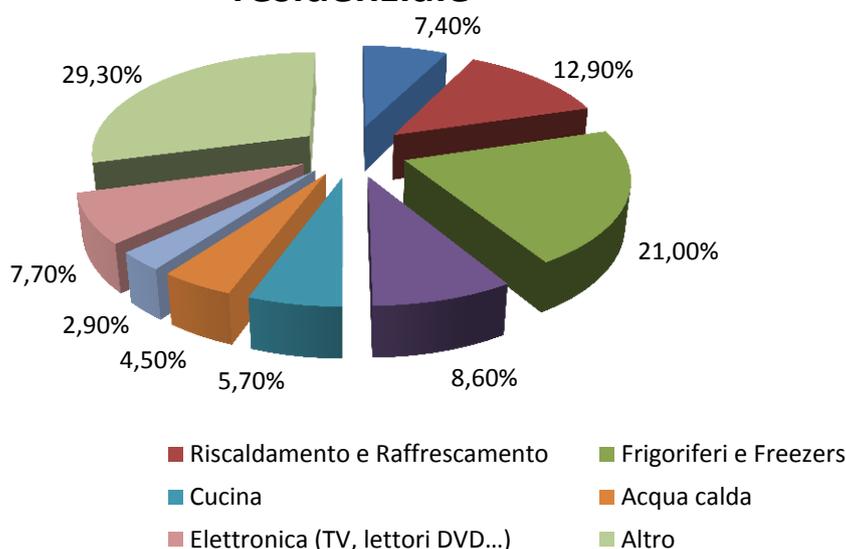
Utenze elettriche in ambito residenziale

A partire dal 1990 si è assistito ad un aumento della richiesta di energia elettrica in ambito residenziale, soprattutto causato dal diffondersi di un numero sempre crescente di apparecchi elettrici nelle abitazioni. Negli ultimi anni il consumo per energia elettrica per usi domestici, nel nostro Paese, si è però stabilizzato attorno ad un valore di poco superiore ai 1000 kWh pro capite annui, come dimostra il grafico seguente (fonte dati: ISTAT).



I consumi elettrici a livello residenziale riguardano soprattutto il settore della refrigerazione e per illuminazione. Nel grafico seguente si riporta una distribuzione del consumo elettrico nei Paesi appartenenti all'UE.

Consumo elettrici percentuali in ambito residenziale



Nella valutazione della richiesta elettrica domestica, risulta dunque fondamentale stabilire su quali categorie agire (ed ovviamente in che modo) per la riduzione dei consumi. In particolare si analizzerà nel seguito l'influenza dei consumi per stand-by e quella per l'uso di apparecchi tecnologici poco efficienti ed obsoleti.

Riguardo la definizione e la quantificazione degli usi finali di energia elettrica in ambito residenziale, si riportano alcuni interessanti risultati monitorati indicati nello studio "Report RSE/2009/115, Valutazione dei consumi nell'edilizia esistente e benchmark mediante codici semplificati: analisi di edifici residenziali" di S. Sibilio, A. D'Agostino, M. Fatigati, M. Citterio. La banca dati analizzata si riferisce alla campagna di monitoraggio dei consumi di energia elettrica in 110 abitazioni italiane durante gli anni 2000-2002, nell'ambito di un progetto europeo Save, denominato Eureco, organizzato da ERG - USE ENERGY EFFICIENCY RESEARCH GROUP - del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano, in collaborazione con la Servizi Territorio SRL (in Italia il progetto viene denominato MICENE). Ai fini di un calcolo del consumo di energia elettrica nei dispositivi presenti nella zona soggetta ad audit, si riportano i risultati dello studio a titolo di confronto rispetto a quelli rilevati durante il sopralluogo. Nel caso non si procedesse ad un rilievo puntuale degli assorbimenti dei vari dispositivi elettrici, ma si volesse utilizzare questi dati medi, si tenga conto che sono comunque relativi a circa 10 anni fa e che quindi sono più adatti alla stima del consumo di apparecchi vecchi: il parco di elettrodomestici attualmente presente ha un consumo medio certamente minore rispetto a quello qui riportato.

Apparecchio monitorato	Consumo medio annuo [kWh/anno]
Frigocongelatore	637
Congelatore orizzontale	568
Congelatore verticale	447
Frigorifero	417
Lavabiancheria	224
Lavastoviglie	369
Televisore	355
Personale computer	132
Iluminazione	375

Condizionatore monoblocco	1400
Portatile monoblocco	900
Portatile split	1100
Monoblocco split fino a 7 kW	1250

Si specifica che per gli apparecchi frigoriferi lo studio riporta che le curve di carico giornalieremedie degli apparecchi per il freddo non hanno picchi accentuati e quindi si può considerare l'assorbimento ad esso associato sostanzialmente costante nell'arco delle 24 ore.

Si specifica invece che per la lavabiancheria e per la lavastoviglie il consumo energetico dipende fortemente dal tipo di ciclo di lavaggio che viene scelto e soprattutto dalla temperatura selezionata e presenta una curva di carico giornaliera molto discontinua. In particolare per la lavastoviglie il numero di cicli medio annuale è di 225, con un consumo medi per ciclo di 1,6 kWh/ciclo. Se si conosce il numero di cicli effettuato e se questo si discosta molto dal numero stimato, si può effettuare un calcolo adattato all'utenza, seppur approssimato come già detto precedentemente.

Si specifica inoltre che i valori di consumo di tutti i dispositivi sopra riportati sono comprensivi di tutte le modalità di funzionamento (attivo, stand-by e spenti).

Infine si ricorda che per quasi tutti i dispositivi sopra riportati l'evoluzione tecnologica e la diffusione di nuovi apparecchi a basso consumo, ha certamente determinato un abbassamento degli indici riportati che quindi andrebbero utilizzati soltanto come dato di confronto.

Si riporta di seguito anche i valori forniti nella normativa UNI EN 15603:2008 relativi ai consumi connessi alle apparecchiature elettriche in ambito domestico. I margini di certezza su questo prospetto sono molto bassi dato che strettamente legati all'uso che se ne fa. Trattandosi di una normativa europea, si riportano tali valori soltanto come ulteriore dato di confronto, preferendo piuttosto quelli presenti nella tabella precedente.

Table C.1 — Annual use of electricity in dwellings with energy efficient equipment [kWh]

Number of rooms	1	2	3	4	5	6
Number of occupants	1	1,5	2	3	4	5
Refrigerator	250*	250*	270*	270*	170*	170*
Freezer	0	0	0	0	200	200
Dishwasher	110	150	210	260	320	330
Oven	30	40	80	80	80	80
Washing machine	70	100	130	200	270	330
Dryer	130	200	260	390	525	660
Cooker	220	240	260	300	340	380
Other equipment	130	150	180	220	270	290
Total in kWh	690	880	1120	1450	2005	2270
Floor area	40	60	80	110	140	170
Rounded total in kWh/m ²	24	19	17	16	16	14
* With freezer.						
* Without freezer.						

Per quanto riguarda invece l'assorbimento di energia elettrica per stand-by, secondo uno studio condotto da A. Meier (i cui risultati sono stati presentati nel Report "Stand-by: where are we now?", 2005), esso in Europa si attesta a circa 60 W per famiglia e mediamente incide con una percentuale compresa tra il 4 e l'11% del consumo complessivo di elettricità. Dal punto di vista eco-ambientale, tale consumo può essere considerato responsabile dell'1% delle emissioni annue di CO₂. I consumi per stand-by sono molto spesso "nascosti" (a tal proposito, risulta particolarmente adatta la definizione alternativa usata in Gran Bretagna, "phantom load"); le potenze assorbite non sono alte, tuttavia sono prolungate nel tempo. Molti apparecchi domestici rimangono per ore in modalità di stand-by, in attesa di un segnale di input da parte dell'utente: basti pensare ai personal computer ed ai modem, che spesso rimangono in stand-by anche durante le ore notturne senza essere utilizzati. Nella seguente tabella si riportano le ore annue medie trascorse in modalità acceso, stand-by e spento di alcune apparecchiature IT (Information Technology) di uso domestico secondo una ricerca statunitense (Picklum R. E., Nordman B., Kresch B., *Guide di Reducing Energy Use in Office Equipment*, 1999).

Apparecchio	Ore annue in modalità:		
	Accesso	Stand-by	Spento
Computer fissi	2950	350	5460
Stampanti	50	1610	7100
Computer portatili	2370	930	5460
Monitors	1860	880	6020
Videoregistratori	2890	5870	0
Modem e routers	8760	0	0

In generale, comunque, l'assorbimento di un singolo apparecchio in stand-by è molto minore rispetto all'assorbimento complessivo di un elettrodomestico; l'impatto degli stand-by sul consumo domestico è dovuto al fatto che, in ogni abitazione, sono presenti decine di dispositivi che assorbono energia elettrica anche se non sono accesi (secondo una ricerca danese, ogni abitazione ne possiede dai 50 ai 100). Si riporta di seguito una tabella con i consumi medi di stand-by (con o senza display informativo, detti "stand-by attivo" e "stand-by passivo") confrontati con i consumi in modalità spento di alcuni tra i più diffusi elettrodomestici, secondo un articolo contenuto in "Bertoldi P., Kiss B., Atanasiu B., *Energy Efficiency in Domestic Appliances and lighting, Proceedings of the 4th International Conference EEDAL'06*, European Commission, Joint Research Centre, 2006".

Elettrodomestico	Standby attivo [W]	Standby passivo [W]	Modalità spento [W]
Amplificatori	22,4	3,4	0,2
Asciugabiancheria	3,3	-	0,2
Lavatrice	5,8	-	1,9
Lettori DVD	9,9	2,6	0
Stereo	18,1	6,5	1,8
Consoles per videogiochi	26,7	1,9	1,4
Modem	5,9	4,4	2,4
Videoregistratori	10,5	5,1	1,7
Computer	-	35,5	3,5
Televisori e monitor a tubo catodico	-	7,4	0,1
Televisori e monitor LCD	-	2,6	1
Stampanti	4,6	-	1,9

Già a partire dal 1999, con la "One Watt Initiative", si è sentita la necessità di introdurre delle regolamentazioni specifiche sul consumo per stand-by: per tale motivo è nato il progetto "Selina", che dal 2008 al 2010 ha studiato i consumi elettrici per stand-by e in modalità off delle apparecchiature domestiche. Tale progetto ha posto le basi per l'entrata in vigore - il 6 Gennaio 2010 - della normativa della Commissione Europea n. 1275/2008: questa direttiva stabilisce che vengano rispettati i seguenti limiti per i consumi in stand-by e in modalità spento:

	Limite al 2010	Limite al 2013
Modalità stand by - senza display	1 W	0,5 W
Modalità stand by con display informativo (es. orologio, timer)	2 W	1 W
Modalità spento	1 W	0,5 W

L'utente che voglia diminuire i propri consumi di stand-by può agire spegnendo gli apparecchi non utilizzati; in commercio esistono apparecchiature, chiamate comunemente "stand-by killers", che sono in grado di interrompere i consumi elettrici dei dispositivi cui sono collegate quando queste vengono spente (per esempio con un telecomando). Tale dispositivo interviene

automaticamente e può agire su più apparecchi, in quanto è caratterizzato da più prese di uscita.

La riduzione dei consumi elettrici in ambito domestico può ottenersi anche con la sostituzione degli apparecchi meno efficienti con quelli di nuova generazione: il progetto MICENE ha infatti dimostrato che esiste una correlazione tra età e consumi degli apparecchi monitorati. Per tale motivo l'UE si è impegnata per la sottoscrizione di un accordo volontario con l'Associazione europea dei costruttori di Elettrodomestici per la produzione di apparecchiature sempre più efficienti (l'accordo è stato sottoscritto effettivamente nel 2002); ha inoltre posto le basi per promuovere il risparmio energetico. Già nel 1992, infatti, la Commissione Ambiente Europea ha stabilito i parametri e gli standard di qualità e di eco-compatibilità in base ai quali classificare prodotti e servizi di vario genere. Nel caso in cui i prodotti analizzati utilizzino energia elettrica, la Direttiva 2005/32/CE e i suoi successivi aggiornamenti prevedono - per il produttore - l'obbligo di apporre un'apposita eco-label sulla confezione contenente il prodotto. La decisione di utilizzare delle etichette per la classificazione energetica dei prodotti è stata presa in accordo con quanto stabilito dal programma "Energy Star" del Department of Energy statunitense: anche in questo caso, i prodotti che soddisfano determinate specifiche in materia di efficienza energetica possono essere contrassegnati dal simbolo "Energy Star".⁴

La Direttiva Europea del 19 Giugno 2010 prevede che l'efficienza energetica dei vari prodotti in questione sia classificata in 7 categorie, dalla A+++ (massimo di efficienza) alla D (minima efficienza); in alcuni casi non sono presenti le categorie di massima efficienza (A+++ , A++), ma sono presenti classi di efficienza in coda (categoria E, F e G). L'apposizione dell'etichetta di efficienza energetica è obbligatoria per i vari tipi di lampade di uso domestico (incandescenza, ad arco, a scarica) e, a partire dal Dicembre 2011, anche per frigoriferi, freezers, lavatrici, televisori e lavastoviglie. Non è ancora obbligatoria, invece, la classificazione di personal computer, stampanti, lettori DVD e altre apparecchiature di elettronica; queste possono comunque essere contrassegnate dal logo "Energy Star" se soddisfano i requisiti previsti dalle direttive del DOE (Department of Energy) e dell'EPA (Environmental Protection Agency) degli USA.⁵

La categoria di appartenenza deve essere immediatamente visualizzabile sull'ecolabel, insieme con altre informazioni caratteristiche del prodotto: ad esempio, nel caso delle lampade, deve essere indicato anche il flusso luminoso [lm], la potenza [W] e la durata media di vita [h]. In generale la nuova etichetta di efficienza energetica è di tipo "language - neutral" (vengono utilizzati dei pittogrammi di immediata comprensione) e, oltre alla classe energetica, mostra il consumo medio annuo di energia e la rumorosità dell'apparecchio in dB. Le fasce di consumo corrispondenti ad una classe variano a seconda del tipo di elettrodomestico. Si riportano, a titolo esemplificativo, le classi energetiche dei più diffusi elettrodomestici (i relativi consumi sono in kWh/anno). Si ricorda comunque che la classe energetica di un frigorifero o di un congelatore dipende dalle effettive condizioni di utilizzo e dalle caratteristiche termiche del locale in cui si trovano questi elettrodomestici.

Elettrodomestico	A++ +	A+ +	A	B	C	D	E	F	G
Frigoriferi e congelatori	<188	188-263	263 - 344	344 - 400	400 - 560	560 - 625	625 - 688	688 - 781	> 781
Lavatrici, asciugabiancheria, lavasciuga			< 247	247 - 299	299 - 351	351 - 403	403 - 455	455 - 507	> 507
Lavastoviglie			< 232	232 - 276	276 - 319	319 - 363	363 - 407	407 - 450	>450
Forni elettrici di piccolo volume			< 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	>160

⁴ I requisiti previsti da tale programma verranno descritti nel seguente paragrafo, riguardante i consumi nel settore terziario.

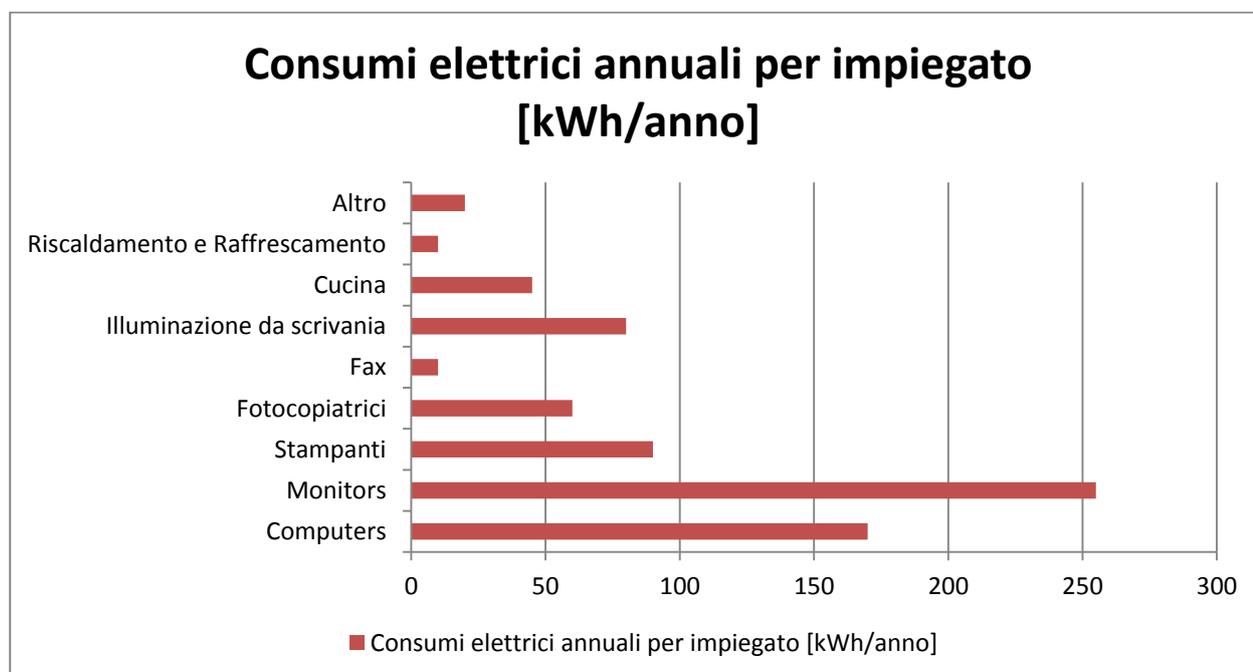
⁵ A tal proposito si vuole ricordare che l'etichetta con il logo "Energy star" su personal computers ed in generale sugli apparecchi IT (Information Technology) identifica anche i dispositivi con i più bassi consumi in modalità stand-by.

(12 – 35 litri)									
Forni elettrici di volume medio (35 – 60 litri)			< 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	160 - 180	>180
Forni elettrici di grande volume (oltre 60 litri)			< 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	160 - 180	180 - 200	>200
Condizionatori		< 734	734 - 890	891 - 950	950 - 1018	1018 - 1096	1096 - 1188	1188 - 1295	>1295

Utenze elettriche in ambito terziario

I consumi di energia elettrica in ambito terziario sono più che raddoppiati negli ultimi 20 anni (si è passati da circa 40000 GWh nel 1990 ad oltre 96000 GWh nel 2010) e rappresentano, ad oggi, circa il 32% dei consumi elettrici nel nostro Paese. È innanzitutto necessario suddividere il settore terziario in due comparti: quello dei cosiddetti servizi vendibili (che comprendono uffici, alberghi, bar, ristoranti, esercizi commerciali...) e quello dei servizi non vendibili (pubblica amministrazione, illuminazione pubblica e simili). In ogni caso, il primo comparto è responsabile della quasi totalità dei consumi elettrici dell'intero settore terziario (nel 2010 i servizi vendibili hanno richiesto quasi 76000 GWh, contro i 20000 GWh dei servizi non vendibili). Per tale motivo nel seguito si andranno ad analizzare i consumi relativi a tale comparto.

I principali apparecchi elettrici di uso comune nel settore terziario - commerciale sono macchine da ufficio (PC, stampanti, scanner, fax...), impianti di riscaldamento e condizionamento, illuminazione e sistemi di sollevamento. Risulta quindi necessario stilare, nell'analisi della richiesta elettrica di strutture ad uso ufficio, un elenco delle apparecchiature presenti, completo delle comuni modalità di utilizzo. Una tipica ripartizione della richiesta elettrica annua in un ufficio per impiegato è riportata di seguito (lo studio è stato condotto dal Bureau of Energy Conservation e dall' Energy Analysis Department, San Francisco, USA).



Un altro prospetto di riferimento è quello riportato di seguito tratto dalla normativa UNI EN 15603:2008 riferito ad edifici adibiti ad uffici e con le seguenti utenze standard:

1 personal computer con schermo piatto e un telefono per posto di lavoro.

1 stampante per 10 posti di lavoro

1 telefax, 1 fotocopiatrice, 1 scanner e 1 macchina del caffè per ufficio

Table C.2 — Annual use of electricity for office equipment per work place in kWh and per conditioned area in kWh/m²

	Per work place	Per m ² conditioned area		
		10 m ²	15 m ²	20 m ²
Floor area per person				
With energy efficient equipment	120	12	8	6
With typical equipment	230	23	15	12

NOTE The conditioned area includes all conditioned space contained within the thermal insulation layer. In this table, it is calculated with external building dimensions.

Il potenziale di risparmio anche in questo settore è considerevole, soprattutto nel campo dell’illuminazione (si può sfruttare al meglio l’illuminazione naturale ed utilizzare lampade a risparmio energetico, utili nel momento in cui esse rimangono accese per diverse ore consecutivamente) e nella riduzione degli stand-by. Si deve infatti incoraggiare l’utenza a spegnere i dispositivi elettronici nel momento in cui essi non sono utilizzati: il risparmio in termini di consumi elettrici sarebbe significativo adottando semplici accorgimenti quali lasciare in modalità off apparecchiature molto energivore (come stampanti, macchinette per il caffè e distributori) durante la notte o il weekend.

Ovviamente, anche in questo caso la riduzione dei consumi elettrici passa attraverso la sostituzione delle apparecchiature più obsolete con altre più efficienti, in accordo con il programma Energy Star che, si ricordi, nasce proprio per aumentare l’efficienza energetica nel settore terziario. Storicamente, infatti, il programma Energy Star si proponeva di essere un aiuto nella scelta, da parte del consumatore, di tutta la componentistica elettronica da ufficio, fornendo indicazioni su quali apparecchi consumassero meno energia in modalità di stand-by. Tutti i dispositivi contrassegnati dal logo, infatti, sono caratterizzati dalla possibilità di effettuare uno switch automatico tra la modalità acceso e la modalità di risparmio energetico (la macchina non utilizzata, dopo un certo periodo di tempo, riduce la potenza assorbita entro i limiti previsti o addirittura si spegne automaticamente). Proprio a causa del successo di questa iniziativa, il programma Energy Star si è evoluto negli ultimi anni e, ad oggi, non si concentra più solamente sulla modalità di stand-by ma focalizza l’attenzione anche sui consumi in modalità ON e sulla durata di vita media dei principali dispositivi. Tutti i prodotti presenti sul mercato vengono testati secondo una procedura precisa, semplice e quanto più possibile generica (di modo da risultare economicamente conveniente se applicata a dispositivi anche molto diversi tra loro), che copre tutti gli stati e tutte le modalità di attività delle macchine. Di conseguenza, l’uso di dispositivi Energy Star negli uffici è da incentivare, in quanto questi presentano le caratteristiche migliori dal punto di vista energetico tra tutti quelli presenti sul mercato.

CAPITOLO 6 – PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

Si è analizzata la produzione di energia da impianti fotovoltaici, da impianti solari termici e da generatori a biomassa, che rappresentano le fonti di energia più utilizzate in ambito civile e terziario. La Normativa cui si fa riferimento è la prUNI/TS 11300-4; in particolare si è aggiornato il documento sottoposto ad inchiesta pubblica (terminata il 23 Settembre 2011) con le decisioni e le modifiche decise dal GL 601 alla revisione del 06 Febbraio 2012. Le principali novità che sono state proposte attraverso la pubblicazione di tale documento di lavoro riguardano aggiornamenti di dati e di valori di riferimento per il calcolo delle prestazioni dei vari impianti di produzione di energia termica ed elettrica tramite le fonti alternative, mentre non sono presenti sostanziali modifiche delle procedure di calcolo. L'elenco completo delle modifiche apportate è riportato in Appendice III.

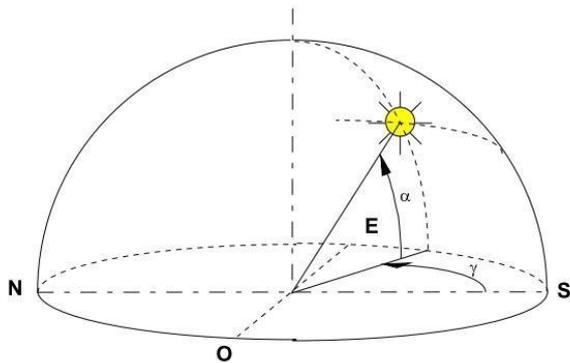
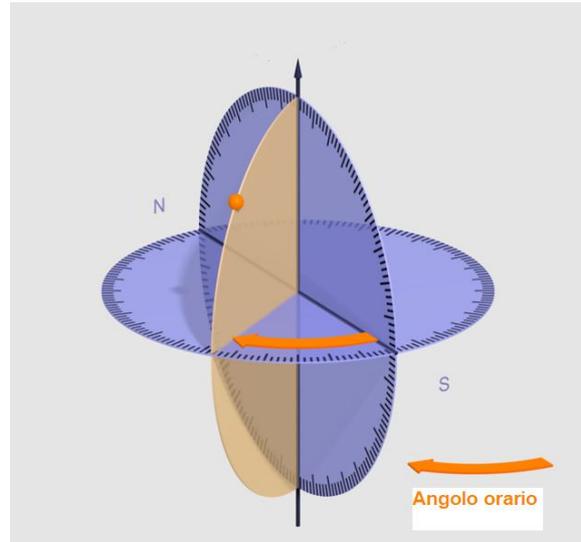
A completamento del precedente rapporto "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario", si riporta di seguito la procedura prevista dalla Normativa UNI TR 11328 – 1 – 2009 per il calcolo dell'energia raggiante incidente su una superficie comunque orientata e inclinata. Tale procedura risulta basilare per la stima dell'energia raggiante incidente su un pannello fotovoltaico o su un pannello solare.

Stima dell'energia raggiante su una superficie comunque orientata ed inclinata

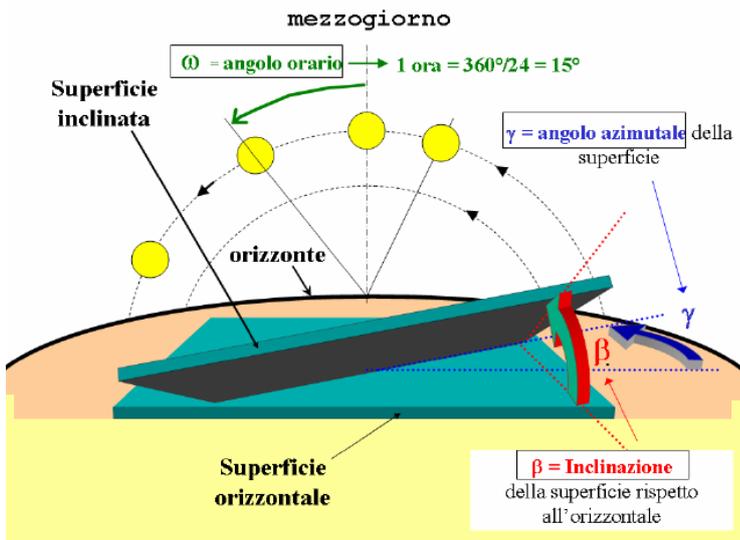
Per un calcolo dettagliato dell'energia raggiante incidente su una superficie, si deve far riferimento a dati precisi di inclinazione e azimuth della superficie, nonché a precisi valori di altezza del sole, declinazione e angoli orari. Per tale motivo si riportano di seguito le definizioni delle principali grandezze coinvolte:

- Piano dell'orizzonte astronomico: intersezione tra la sfera celeste con il piano passante per il centro della Terra e perpendicolare all'asse di congiunzione tra osservatore e centro terrestre.
- Piano dell'equatore celeste: piano su cui giace l'equatore terrestre.
- Meridiano locale: cerchio massimo della sfera celeste passante per i poli nord e sud celesti e per i poli dell'orizzonte (zenith e nadir). Il meridiano locale giace dunque su un piano perpendicolare a quello dell'orizzonte astronomico. Sono inoltre detti "punti di mezzo cielo" le intersezioni tra equatore celeste e meridiano locale.
- Angolo orario ω : distanza angolare tra il punto di mezzo cielo e l'intersezione del meridiano passante per il punto della sfera celeste considerato con l'equatore celeste.
- Altezza α : distanza angolare dall'orizzonte di un punto sulla sfera celeste.
- Declinazione δ : distanza angolare tra il piano equatoriale celeste e la retta passante per il punto della sfera celeste considerato e il centro della Terra.
- Azimut γ di una superficie: angolo formato tra il meridiano locale e la normale alla superficie.
- Inclinazione β di una superficie: angolo che la superficie forma con il piano dell'orizzonte astronomico.

Per una visualizzazione immediata delle grandezze coinvolte, si può far riferimento alle seguenti immagini.



Angolo di altezza solare ed angolo azimutale.



Si definiscono inoltre:

- Irradiazione solare globale H: energia integrale nel tempo data dalla somma del contributo diretto H_b e diffuso H_d su una generica superficie.
- Irradiazione solare globale orizzontale H_h : energia integrale nel tempo della irradianza globale su un piano orizzontale.

- Irradiazione solare extra-atmosferica H_{ho} : irradiazione solare globale extra-atmosferica misurata su un piano parallelo al piano orizzontale terrestre. I valori medi mensili sono riportati in un apposito prospetto.
- Indice di soleggiamento reale $K_T = H_h/H_{ho}$: rapporto tra irradiazione solare globale su un piano orizzontale e irradiazione solare extra atmosferica. Per il suo calcolo si fa riferimento ai valori di H_{ho} riportati nella UNI TR 11328 - 1 e ai valori di H_{bh} e H_{dh} riportati nella normativa UNI 10349:1994.

Un possibile foglio di input potrebbe ad esempio essere il seguente:

Campo	Valore di input	Unità di misura	Fonte
Inclinazione della superficie β		[rad]	Sopralluogo
Azimut della superficie γ		[rad]	Sopralluogo
Riflettanza della superficie θ		[-]	Dati di progetto
Latitudine della località φ		[rad]	Dato noto
Gennaio	Declinazione solare δ media mensile	[rad]	Calcolo o valori da prospetto di UNI/TR 10328
	Irradiazione globale extra atmosferica media mensile H_{ho}	[MJ/m ² d]	
	Irradiazione diffusa orizzontale media mensile H_{dh}	[MJ/m ² d]	
Febbraio	Irradiazione diretta orizzontale media mensile H_{bh}	[MJ/m ² d]	Valori da normativa UNI 10349:1994
	Declinazione solare media mensile δ	[rad]	Calcolo o valori da prospetto di UNI/TR 10328
	Irradiazione globale extra atmosferica media mensile H_{ho}	[MJ/m ² d]	
Irradiazione diffusa orizzontale media mensile H_{dh}	[MJ/m ² d]		
...			
Dicembre	Declinazione solare media mensile δ	[rad]	Calcolo o valori da prospetto di UNI/TR 10328
	Irradiazione globale extra atmosferica media mensile H_{ho}	[MJ/m ² d]	
	Irradiazione diffusa orizzontale media mensile H_{dh}	[MJ/m ² d]	
	Irradiazione diretta orizzontale media mensile H_{bh}	[MJ/m ² d]	Valori da normativa UNI 10349:1994

La superficie considerata, caratterizzata da un valore di azimut e da un valore di inclinazione, riceve un'irradiazione H che può essere messa in relazione con quella incidente sul piano orizzontale con la seguente formula:

$$H = H_h \cdot R = RK_T H_{h0}^6$$

$$H = H_{bh} \cdot R_b + H_{dh} \frac{1 + \cos \beta}{2} + (H_{bh} + H_{dh}) \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

in cui R_b è il valore medio mensile del rapporto tra irradiazione diretta sulla superficie considerata e quella sul corrispondente piano orizzontale, ρ è il valore di riflettanza della superficie (i principali valori sono riportati nel prospetto 3 della UNI TR 11328-1). In presenza di dati climatici locali alternativi a quelli presenti in normativa di sola radiazione globale su piano orizzontale, il rapporto tra irradiazione solare diffusa e globale sul piano orizzontale H_{dh}/H_h può essere ricavato in prima approssimazione con la formula $\frac{H_{dh}}{H_h} = 0,881 - 0,972K_T$ e il

fattore correttivo R si ricava tramite la formula:
$$R = \left(1 - \frac{H_{dh}}{H_h}\right) \cdot R_b + \frac{H_{dh}}{H_h} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

Per il calcolo del fattore correttivo R_b si utilizza la seguente procedura:

- Si trovano i valori medi mensili della declinazione solare δ a seconda della latitudine del luogo φ usando il seguente prospetto relativo al giorno medio mensile riportato in tabella.

Valori del giorno dell'anno considerato (n)

Mese	Giorno del mese	Giorno dell'anno n
Gennaio	17	17
Febbraio	16	47
Marzo	16	75
Aprile	15	105
Maggio	15	135
Giugno	11	162
Luglio	17	198
Agosto	16	228
Settembre	15	258
Ottobre	15	288
Novembre	14	318
Dicembre	10	344

- Nel caso in cui si voglia eseguire il calcolo in un giorno non presente nel prospetto, si calcolano il valore della declinazione solare e dell'angolo orario del tramonto astronomico con le seguenti formule generiche:

$$\delta = 23,45^\circ \sin \frac{360(284 + n)}{365}$$

$$\cos \omega_s = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$$

(dove n è il giorno dell'anno considerato). Il corrispondente valore dell'irradiazione extra atmosferica orizzontale giornaliera è

$$H_{h0} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6}}{\pi} G_0 \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365}\right) \left(T_h \frac{2\pi\omega_s}{360} + U_h \sin \omega_s\right) \quad [MJ/(m^2 \text{day})]$$

dove G_0 è la costante solare media (irradianza su superficie extra - atmosferica perpendicolare ai raggi solari, pari a 1353 W/m^2).

⁶In questa sede si utilizzano valori giornalieri mediati in un mese; l'irradiazione considerata è quella totale incidente nel periodo temporale di un giorno.

Mese	δ		Latitudine										
			37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°
Gennaio	-20,92	$\overline{\omega}_s$	73,26	72,63	71,97	71,29	70,60	69,87	69,12	68,34	67,53	66,69	65,80
		\overline{H}_{ho}	16,88 (4,69)	16,27 (4,52)	15,66 (4,35)	15,06 (4,18)	14,45 (4,01)	13,84 (3,84)	13,23 (3,67)	12,62 (3,50)	12,01 (3,34)	11,40 (3,17)	10,79 (3,00)
Febbraio	-12,95	$\overline{\omega}_s$	80,02	79,65	79,26	78,87	78,47	78,05	77,61	77,17	76,70	76,22	75,72
		\overline{H}_{ho}	22,00 (6,11)	21,45 (5,96)	20,89 (5,80)	20,33 (5,65)	19,76 (5,49)	19,19 (5,33)	18,61 (5,17)	18,03 (5,01)	17,45 (4,85)	16,86 (4,68)	16,27 (4,52)
Marzo	-2,42	$\overline{\omega}_s$	88,18	88,11	88,04	87,97	87,90	87,82	87,74	87,66	87,58	87,49	87,40
		\overline{H}_{ho}	28,48 (7,91)	28,05 (7,79)	27,61 (7,67)	27,16 (7,54)	26,70 (7,42)	26,23 (7,29)	25,23 (7,16)	25,28 (7,02)	24,79 (6,89)	24,30 (6,75)	23,79 (6,61)
Aprile	9,41	$\overline{\omega}_s$	97,18	97,44	97,72	98,00	98,29	98,59	98,90	99,21	99,54	99,89	100,24
		\overline{H}_{ho}	35,03 (9,73)	34,79 (9,66)	34,53 (9,59)	34,27 (9,52)	34,00 (9,44)	33,72 (9,37)	33,43 (9,29)	33,13 (9,20)	32,82 (9,12)	32,50 (9,03)	32,17 (8,94)
Maggio	18,79	$\overline{\omega}_s$	104,86	105,42	105,99	106,59	107,21	107,84	108,50	109,18	109,89	110,63	111,40
		\overline{H}_{ho}	39,48 (10,97)	39,43 (10,95)	39,36 (10,93)	39,29 (10,91)	39,21 (10,89)	39,11 (10,87)	39,01 (10,86)	38,90 (10,81)	38,78 (10,77)	38,66 (10,74)	38,52 (10,70)
Giugno	23,09	$\overline{\omega}_s$	108,74	109,45	110,19	110,95	111,75	112,57	113,42	114,31	115,23	116,19	117,20
		\overline{H}_{ho}	41,24 (11,45)	41,28 (11,47)	41,31 (11,47)	41,33 (11,48)	41,34 (11,48)	41,35 (11,49)	41,35 (11,49)	41,34 (11,48)	41,32 (11,48)	41,30 (11,47)	41,27 (11,46)
Luglio	21,18	$\overline{\omega}_s$	106,98	107,62	108,29	108,98	109,69	110,42	111,19	111,98	112,80	113,66	114,56
		\overline{H}_{ho}	40,29 (11,19)	40,28 (11,19)	40,27 (11,19)	40,25 (11,18)	40,22 (11,17)	40,18 (11,16)	40,14 (11,15)	40,08 (11,13)	40,02 (11,12)	39,95 (11,10)	39,87 (11,08)
Agosto	13,45	$\overline{\omega}_s$	100,39	100,77	101,17	101,58	102,00	102,44	102,89	103,36	103,84	104,34	104,87
		\overline{H}_{ho}	36,68 (10,19)	36,52 (10,14)	36,34 (10,10)	36,16 (10,04)	35,97 (9,99)	35,76 (9,93)	35,55 (9,88)	35,33 (9,81)	35,10 (9,75)	34,86 (9,68)	34,62 (9,62)
Settembre	2,22	$\overline{\omega}_s$	91,67	91,73	91,80	91,86	91,93	92,00	92,07	92,14	92,22	92,30	92,38
		\overline{H}_{ho}	30,79 (8,55)	30,43 (8,45)	30,07 (8,35)	29,69 (8,25)	29,30 (8,14)	28,90 (8,03)	28,50 (7,92)	28,09 (7,80)	27,66 (7,68)	27,23 (7,56)	26,79 (7,44)
Ottobre	-9,60	$\overline{\omega}_s$	82,68	82,41	82,13	81,84	81,55	81,24	80,93	80,60	80,26	79,91	79,55
		\overline{H}_{ho}	23,86 (6,63)	23,35 (6,49)	22,83 (6,34)	22,30 (6,19)	21,77 (6,05)	21,23 (5,90)	20,68 (5,75)	20,13 (5,59)	19,58 (5,44)	19,02 (5,28)	18,45 (5,13)
Novembre	-18,91	$\overline{\omega}_s$	75,04	74,47	73,89	73,29	72,67	72,03	71,37	70,68	69,96	69,22	68,44
		\overline{H}_{ho}	18,06 (5,02)	17,46 (4,85)	16,87 (4,69)	16,27 (4,52)	15,67 (4,35)	15,07 (4,19)	14,47 (4,02)	13,87 (3,85)	13,27 (3,69)	12,66 (3,52)	12,06 (3,35)
Dicembre	-23,05	$\overline{\omega}_s$	71,30	70,58	69,84	69,08	68,29	67,47	66,62	65,74	64,82	63,86	62,85
		\overline{H}_{ho}	15,45 (4,69)	14,84 (4,12)	14,23 (3,95)	13,62 (3,78)	13,01 (3,61)	12,39 (3,44)	11,79 (3,27)	11,18 (3,10)	10,57 (2,94)	9,97 (2,77)	9,37 (2,60)

Nota Il valore dell'angolo orario medio mensile del sorgere del sole vale $-\overline{\omega}_s$

- Si ricavano i seguenti valori:

$$T = \sin \delta (\sin \varphi \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma)$$

$$U = \cos \delta (\cos \varphi \cos \beta + \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma)$$

$$V = \cos \delta (\sin \beta \sin \gamma)$$

$$T_h = \sin \delta \sin \varphi$$

$$U_h = \cos \delta \cos \varphi$$

$$V_h = 0$$

- Si calcolano gli angoli orari corrispondenti all'apparire ω' e allo scomparire ω'' del sole sia per il piano orizzontale sia per la superficie esposta, a seconda della presenza o meno di ostruzioni. Per il piano orizzontale, se non sono presenti ostruzioni, tali valori coincidono con $-\omega_s$ e $+\omega_s$ (angoli orari corrispondenti al sorgere e al tramontare del sole secondo la latitudine, riportati in appositi prospetti). In assenza di ostruzioni, i valori degli angoli orari corrispondenti al sorgere e al tramontare dal sole sono calcolati a

partire dalla formula: $\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{-V \pm \sqrt{U^2 + V^2 - T^2}}{T - U}$. Si definisce quindi ω_1 il valore tra i

due per il quale vale $V \cos \omega_1 > U \sin \omega_1$, l'altro valore viene denominato di conseguenza ω_2 . Se il termine sotto radice è positivo, si prende $\omega' = \min(\omega_1; -\omega_s)$ e $\omega'' = \min(\omega_2; \omega_s)$. Se il termine sotto radice risultasse invece non positivo, si adotta $\omega' = -\omega_s$ e $\omega'' = +\omega_s$ se $T+U > 0$, mentre si prende $\omega' = \omega'' = 0$ se risulta $T+U < 0$. In presenza di un'ostruzione sull'orizzonte, invece, nel caso in cui l'altezza della stessa (α') sia maggiore dell'altezza del sole (altrimenti non si ha ostruzione), si schematizza l'ostruzione come un ulteriore piano con una propria inclinazione β' e due propri valori di azimut γ_1 e γ_2 (a partire dai quali si trovano azimut di inizio ostruzione $\gamma_1' = \gamma_1 - 90^\circ$ e azimut di fine ostruzione $\gamma_2' = \gamma_2 + 90^\circ$). Utilizzando questi valori di inclinazione e azimut si ricavano dapprima i corrispondenti valori di T' , U' e V' (con le formule sopra riportate) ed in seguito i corrispondenti valori degli angoli orari corrispondenti all'apparire e allo scomparire del sole (usando la procedura descritta per il caso in assenza di ostruzioni, sostituendo ai valori di T , U e V i valori di T' , U' e V'). La verifica che l'ostruzione effettivamente schermi viene svolta sull'angolo orario (ω'_o) più vicino al mezzogiorno solare nell'intervallo orario di schermatura tramite la seguente disuguaglianza:

$$\sin(\alpha) < \sin(\alpha') = U_h \cos(\omega'_o) + T_h$$

- Si calcola infine il valore $R_b = H_b/H_{bh}$ con la seguente formula:

$$R_b = \frac{\left[T \frac{\pi}{180} (\omega'' - \omega') + U (\sin \omega'' - \sin \omega') - V (\cos \omega'' - \cos \omega') \right]}{2 \left[T_h \frac{\pi}{180} \omega_s + U_h \sin \omega_s \right]}$$

CAPITOLO 7 – METODI PIU’ ACCURATI PER LA STIMA DEI FLUSSI ENERGETICI

Nessuna modifica a quanto scritto nella relazione “Definizione di una metodologia per l’audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario”.

CAPITOLO 8 - VISUALIZZAZIONE DEI DATI DI CONSUMO E REPORT CONCLUSIVO

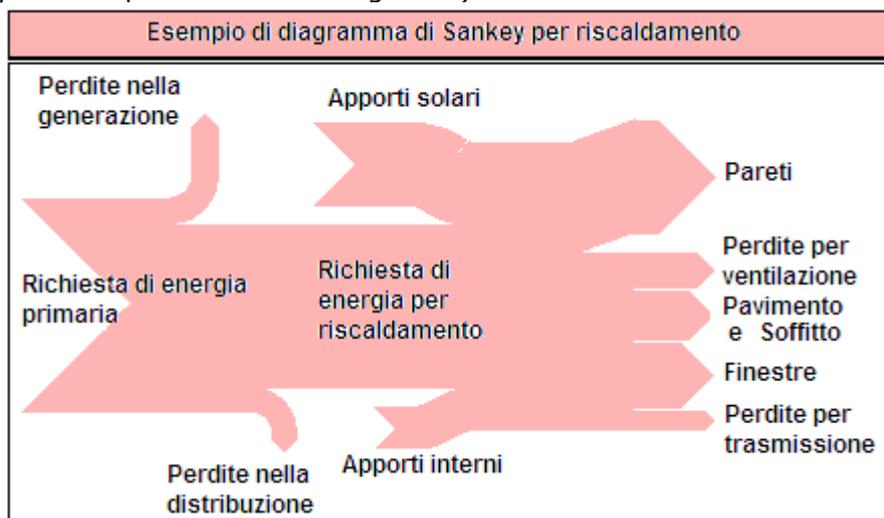
In questo capitolo si vogliono fornire le basi per la stesura del report finale a conclusione del processo di audit per l'edificio in esame. L'auditor deve infatti presentare al committente una relazione conclusiva in cui siano riportati, tra gli altri, i risultati più significativi del suo lavoro. La stesura di tale relazione deve essere ovviamente quanto più sintetica, ma allo stesso tempo esaustiva, possibile.

Si propone una struttura del report suddivisa in tre parti: la prima relativa ai dati di ingresso e alla descrizione dello stato attuale dell'edificio, la seconda riguardante l'analisi energetica del sistema edificio-impianto e la reportistica dei risultati, mentre la terza parte incentrata sulla proposta di interventi di risparmio energetico corredati dai conseguenti risparmi economici. Si consiglia dunque all'auditor di strutturare il report usando le indicazioni riportate di seguito.

La prima parte prevede una descrizione dell'edificio soggetto ad audit con un breve elenco dei componenti murari presenti e dell'utilizzo dell'edificio. In questa parte si prevede anche un report delle grandezze climatiche più significative derivanti o da normativa o da database di altri enti locali. Ancora in questa fase si prevede l'inserimento dei dati di consumo derivanti da fatturazione, nonché ogni altro dato di monitoraggio delle grandezze significative presente. Si consiglia, per una migliore e più immediata visualizzazione, l'uso del grafico P- θ del metodo "Energy Signature", che permetta la loro correlazione con i dati di temperatura esterna: i dati di ingresso sono la potenza ottenuta dall'energia primaria ricavata dalle fatture di fornitura divisa per il tempo di monitoraggio e la temperatura esterna media sul medesimo periodo di monitoraggio. Tale grafico è ancora più utile nel caso in cui non sia possibile effettuare un monitoraggio diretto poiché si sfrutta l'energia primaria richiesta al generatore.

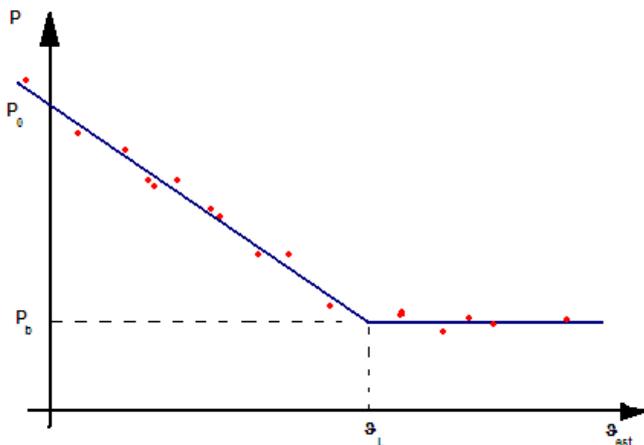
Si consiglia l'utilizzo di grafici e figure in modo da avere "visivamente" a disposizione i dati principali su cui si è svolto l'audit dell'edificio.

La seconda parte, riguardante l'analisi del sistema edificio-impianto, prevede la citazione delle metodologie usate per l'audit (ad esempio monitoraggi e/o calcoli analitici previsti da precise Normative...), senza fornire una descrizione dettagliata poco utile all'utente finale. Per ogni metodologia (monitoraggio e/o calcolo) occorre presentare in modo esaustivo i risultati ottenuti. Una tipologia di presentazione efficace è costituita dai diagrammi di Sankey, con i quali si possono visualizzare in modo schematico gli input e i risultati dell'audit svolto, evidenziando le destinazioni d'uso energetiche più rilevanti e l'entità delle perdite: in altre parole, con i diagrammi di Sankey si può avere un'idea immediata dei sottosistemi più efficienti e di quelli con rendimenti minori (che sono quelli su cui si possono proporre i primi interventi per la "riqualificazione energetica").



I risultati dell'analisi energetica possono essere riportati anche in una tabella conclusiva. Potrebbe risultare anche interessante riportare in questa fase i grafici finali previsti dalla metodologia "Energy Signature" descritta nell'Appendice B della UNI EN 15603: 2008, nel caso

in cui sia stato effettuato un monitoraggio della temperatura esterna o di irradianza solare e del fabbisogno energetico dell'edificio in analisi a valle del generatore. Le ipotesi di applicabilità e validità di tale grafico sono costituite da una temperatura interna costante, da apporti interni approssimativamente costanti nel tempo e da apporti solari trascurabili. L'auditor che voglia effettuare il monitoraggio previsto dalla Energy Signature deve valutare su scala temporale sufficientemente lunga (settimanalmente, mensilmente) l'energia richiesta dal locale, e contemporaneamente monitorare la temperatura esterna nello stesso periodo di tempo. Terminato il monitoraggio, si avrà un valore della temperatura esterna medio nel periodo considerato e la potenza media richiesta (data dal rapporto tra l'energia richiesta e il tempo di monitoraggio). Questo procedimento deve essere ripetuto più volte per tutta la durata della stagione di riscaldamento, ottenendo coppie di valori (θ_{est} , P) con cui si può ricavare una retta di regressione. E' molto interessante prolungare il monitoraggio anche nella stagione non di riscaldamento di modo da valutare la potenza "di base" richiesta dall'edificio e che dipende dalla richiesta di ACS e da eventuali perdite. Un esempio di diagramma Energy Signature può essere il seguente.



In tale grafico, si definisce P_0 come la potenza richiesta dal locale quando la temperatura esterna è pari a 0°C , P_b è invece la potenza di base, richiesta dall'edificio quando si raggiunge la temperatura esterna limite θ_L , in corrispondenza della quale si "esce" dalla stagione di riscaldamento. I punti rossi sono i dati sperimentali a partire dai quali si costruisce la retta di regressione. Come si vede, l'equazione di tale retta è facilmente esprimibile come:

$$P = P_0 - H\theta_{est}$$

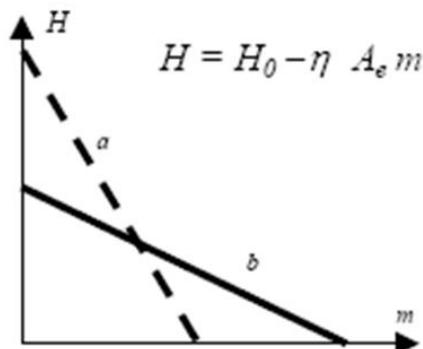
$$H = \frac{P_0 - P_b}{\theta_L}$$

Dove θ_L e riflette la sensibilità dell'edificio alla variazione della temperatura esterna. Si possono confrontare i valori della potenza ricavati tramite questo metodo con quelli ricavati dai bilanci semplificati del locale, di tipo: $P = H(\theta_{int} - \theta_{est}) + P_a - \eta AI_{sol}$ dove θ_{int} è la temperatura media interna, P_a è la potenza relativa alle perdite e a richieste di energia per usi diversi dal riscaldamento (per esempio per la produzione di ACS; generalmente viene presa pari a P_b) e ηAI_{sol} rappresenta gli apporti solari in ingresso attraverso la superficie esposta per il relativo fattore di utilizzazione.

È importante sottolineare che i valori della potenza trovati a seguito del monitoraggio dell'edificio soggetto a diagnosi possono essere fortemente influenzati dagli apporti solari o da altre variabili oltre alla temperatura esterna (edificio con una notevole superficie vetrata, con una serra solare, edificio ad uso scolastico). In questo caso il metodo Energy Signature con il grafico $P-\theta$ non è applicabile. E' invece opportuno utilizzare il grafico $H-m$ ottenuto (di derivazione dal precedente) dividendo il bilancio globale di energia per la differenza di temperatura tra interno ed esterno e ottenendo quindi un coefficiente di perdite di calore "apparente" H' :

$$H' = \frac{P - P_a}{\Delta\theta} = H_0 - \eta A \frac{I_{sol}}{\Delta\theta} = H_0 - \eta A m$$

In cui si è definito m come la variabile meteorologica, pari al rapporto tra l'irradiazione solare e la differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno. In base alla pendenza della retta si capisce se gli apporti solari sono molto rilevanti (retta molto inclinata identificata con la lettera a nel successivo grafico) o se invece sono trascurabili, per cui forse è possibile tornare ad utilizzare il grafico $P-\theta$.



Si è già specificato che il tempo di monitoraggio deve essere sufficientemente lungo in modo da evitare che fenomeni dovuti alle dinamiche termiche possano influire sui risultati del monitoraggio. Per tale motivo, una elaborazione di questo tipo è di facile realizzazione in appartamenti o in generale in locali dotati di contabilizzatore dell'energia.

Grafici di questo tipo risultano particolarmente utili soprattutto quando si voglia verificare il buon andamento del sistema anche a distanza di tempo dall'ultima analisi energetica effettuata. Se si effettuano altri monitoraggi, infatti, si ricaveranno altri punti sperimentali di temperatura e potenza: dovrà essere verificato che tali punti siano vicini alla retta di regressione ricavata precedentemente. Nel caso in cui ciò non si verifichi, si nota immediatamente che il sistema non è caratterizzato dalla stessa "efficienza" trovata nell'audit precedente e si dovranno disporre ulteriori controlli e verifiche per individuare i punti di malfunzionamento del sistema e proporre delle relative soluzioni.

La terza parte, riguardante la proposta di interventi migliorativi e relativa analisi costi-benefici, prevede una tabella riassuntiva degli interventi di riqualificazione energetica con informazioni sulla tipologia di intervento, sulla superficie di edificio interessata, sulle prestazioni energetiche dell'edificio prima e dopo l'intervento, sul costo capitale, sugli eventuali incentivi nazionali o locali, sul flusso di cassa in termini di mancata spesa per fornitura energetica, sul tempo di ritorno dell'investimento. Si consiglia la suddivisione degli interventi in aree tematiche (involucro, impianto, fonti rinnovabili, gestione dell'impianto). In seguito alla tabella riassuntiva, per ogni intervento, si prevede una breve descrizione dell'intervento (con l'ausilio di grafici e immagini esplicative), la definizione del costo capitale (tale valutazione è del tutto a carico dell'auditor) e ogni altra informazione inerente.

APPENDICE I

Ulteriori modifiche apportate dalla UNI/TS 11300-1 (versione 19/12/2011) in materia di involucro edilizio

- Capitolo 3, definizione di temperatura interna come media aritmetica tra temperatura dell'aria interna e della temperatura media radiante al centro della zona considerata.
- Capitolo 5.2, il fattore di correzione della temperatura del flusso d'aria b_{ve} è dovuto solo alla ventilazione naturale ed è diverso da 1 in caso di pre-riscaldamento o pre-raffrescamento dell'aria di ventilazione attraverso ambienti non climatizzati, come vani scale o cortili chiusi. Tale coefficiente è posto invece uguale a 1 in caso di ventilazione meccanica.
- Capitolo 5.3, nuova metodologia di calcolo per il fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione, per il calcolo degli scambi di vapore e degli apporti interni di vapore. Tali metodologie vengono solo citate in questa sede perché non sono argomento della presente attività.
- Capitolo 10.1, durata della stagione di riscaldamento. Si fa riferimento a periodi pre-stabiliti presentati nel prospetto 6 a seconda della zona climatica. Nel caso di valutazione adattata all'utenza si può utilizzare il metodo b del punto 7.4.1.1. della UNI EN ISO 13790:2008, secondo il quale i giorni di inizio e fine del periodo di riscaldamento sono quelli in cui il rapporto adimensionale apporti - dispersioni γ_H è uguale al valore limite,

$\gamma_H = \gamma_{H,lim} = \frac{a_H + 1}{a_H}$, in cui a_H è un parametro adimensionale di riferimento - dipendente dalla

costante di tempo dell'edificio - valutato in base al tipo di metodo utilizzato per il calcolo (mensile o stagionale), come previsto dal paragrafo 12.2.1.1 della UNI EN ISO 13790:2008.

- Capitolo 10.2, durata della stagione di raffrescamento. Anche in questo caso, in caso di valutazione adattata all'utenza, i giorni di inizio e fine del periodo di raffrescamento sono calcolati secondo il metodo b del punto 7.4.1.2 della UNI EN ISO 13790:2008. Secondo tale metodo questi sono i giorni in cui il rapporto adimensionale dispersioni - apporti per la

modalità di raffrescamento $1/\gamma_c$ è uguale al suo valore limite $\frac{1}{\gamma_c} = \frac{1}{\gamma_{c,lim}} = \frac{a_c + 1}{a_c}$, in cui a_c è un

parametro adimensionale di riferimento - dipendente dalla costante di tempo dell'edificio - valutato, in analogia ad a_H , in base al tipo di metodo utilizzato per il calcolo (si fa riferimento al paragrafo 12.2.1.2 della UNI EN ISO 13790:2008).

- Capitolo 11.1.1, per il calcolo della trasmittanza attraverso componenti opachi si può fare riferimento anche alla UNI EN ISO 10456:2008.
- Capitolo 11.1.2, per il calcolo della trasmittanza termica attraverso componenti trasparenti si può utilizzare anche la UNI EN ISO 14351:2006. Possono essere utilizzati anche i valori del prospetto C3, ma solo nel caso in cui le dimensioni delle componenti fenestrate si discostino al massimo di $\pm 10\%$ rispetto alle dimensioni standard (1,20 m * 1,50 m).
- Capitolo 11.4, i fattori di forma tra componente edilizio e volta celeste vengono definiti utilizzando valori dei fattori di riduzione per ombreggiatura (relativo alla sola radiazione diffusa) riportati nei prospetti D13, D26 e D39, rispettivamente per aggetti verticali, orizzontali e per ostruzioni esterne. Questi valori possono essere utilizzati al posto del coefficiente F_{sky} , parametro tratto dalla UNI EN ISO 13791:2005 e generico per contesti urbani, semiurbani e rurali, usato nella formula 3.1.4 del precedente report "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario".

- Capitolo 12.3, fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel generico flusso d'aria, in caso di ventilatore premente con pre-riscaldamento o

pre-raffrescamento. Si utilizza la formula $b_{ve} = \frac{\theta_i - \theta_{sup}}{\theta_i - \theta_e}$, in cui θ_i è la temperatura interna, θ_e è

la temperatura media mensile dell'aria esterna e θ_{sup} è la temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o il pre-raffrescamento.

- Capitolo 13.2, viene descritta una nuova metodologia per valutare gli apporti termici interni latenti; sono inoltre inseriti alcuni prospetti in cui sono riportati calori medi di produzione di vapore dovute a persone o macchinari in base al tipo di locale considerato.
- Capitolo 14.3.1, il prospetto 20 presenta, all'interno della tematica "Apporti termici solari", valori significativi del fattore di esposizione correttivo della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale in base all'effettivo angolo di incidenza della radiazione sul vetro e in base alla tipologia di infisso (vetro singolo, doppio vetro, triplo vetro) e al mese considerato.
- Capitolo 14.4, metodologia per la determinazione del fattore di riduzione per ombreggiatura. Si stabilisce che, per il calcolo degli angoli caratterizzanti le ombreggiature – sia per componenti vetrati che per superfici opache, è necessario posizionarsi nel baricentro della superficie e considerare anche la superficie del telaio. In presenza di più oggetti od ostruzioni, si può considerare cautelativamente l'ampiezza dell'angolo maggiore.
- Capitolo 15.3, la caratterizzazione della climatizzazione invernale ed estiva in regime di attenuazione, solamente nel caso di valutazione adattata all'utenza, è regolamentata esclusivamente dal punto 13.2 della UNI EN ISO 13790:2008, secondo cui devono essere verificate le condizioni sulla temperatura di set-point (come già riportato nel precedente report "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario"). Nel caso in cui tali condizioni non siano rispettate, il calcolo in regime intermittente viene stimato a partire da quello continuo utilizzando un apposito fattore correttivo, stimato in funzione della costante di tempo dell'edificio e della frazione di tempo in cui l'impianto funziona in condizioni di non-attenuazione, secondo l'equazione (68) del paragrafo 13.2.2.1. In caso di lunghi periodi di non funzionamento dell'impianto (per esempio, lunghi periodi di non occupazione dell'edificio, vacanze natalizie...) si fa riferimento al paragrafo 13.2.4 della stessa Normativa.
- Appendice B, è stata rimossa l'abaco delle strutture murarie maggiormente presenti in Italia ed è stato sostituito da una procedura per la determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti.
- Appendice E, vengono riportati dati convenzionali per il fattore di presenza medio giornaliero nei locali climatizzati, da utilizzare per il calcolo degli apporti interni latenti. Sono riportati anche fattori di correzione per la valutazione della ventilazione di riferimento.
- Appendice F, è presentata una procedura per il calcolo dell'efficienza del sistema di recupero termico di ventilazione.

APPENDICE II

Ulteriori modifiche apportate dalla UNI/TS 11300-2 (versione 05/12/2011) in materia di impianti di riscaldamento e produzione di ACS

- Capitolo 6.2, rendimenti di emissione per i radiatori. Nel prospetto 9 sono proposti valori di rendimento di emissione diversi (rispetto alla versione precedente della Normativa) per radiatori su parete esterna isolata. Si stabilisce inoltre che, nel caso di pannelli a pavimento, a parete o a soffitto annegati in strutture disperdenti, il valore del rendimento proposto nel prospetto deve essere corretto con un fattore correttivo che dipende dalla potenza nominale dei corpi radianti in questione e dai valori della trasmittanza termica della parte di struttura dal lato interno e dal lato esterno rispetto all'asse dei tubi. Tale calcolo aggiuntivo deve essere effettuato per ogni superficie radiante.
- Capitolo 6.3, sottosistema di regolazione. Nel prospetto 12 sono stati modificati i valori dei rendimenti di regolazione degli impianti di riscaldamento in caso di regolazione di zona + regolazione climatica e in caso di regolazione singola + regolazione climatica. In caso di regolazione tramite il solo termostato di caldaia, si stabilisce di utilizzare i valori dei rendimenti proposti dallo stesso prospetto nel caso di sola regolazione climatica, decurtandoli di 5 punti percentuali.
- Capitolo 6.6.3, rendimenti di generazione pre-calcolati per generatori di aria calda. Viene proposto un unico prospetto (n. 21) nel quale sono riportati i valori di default del rendimento in base al tipo di generatore.
- Capitolo 7.1, stima dei volumi di ACS richiesti in caso residenziale e non residenziale. Tali valori sono riportati rispettivamente nei prospetti 22 e 23 e sono stati modificati rispetto a quelli riportati nella versione precedente.
- Capitolo 7.3, fabbisogni e perdite dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS. Tale argomento è presentato in modo molto più dettagliato rispetto a quanto previsto dalla precedente versione (in cui la procedura era descritta nel paragrafo 6.9). È stato inoltre aggiornato il prospetto n. 26, nel quale sono stati aggiunti due valori per i coefficienti di perdita e di recupero della rete di distribuzione di ACS, in caso di sistemi di distribuzione installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 (rete di distribuzione corrente totalmente in ambiente climatizzato). In ogni caso, è stata mantenuta inalterata la formula di calcolo.
- Capitolo 7.3.5, serbatoio di accumulo. Viene stabilito il valore di default di 60°C per la temperatura media all'interno del serbatoio.
- Capitolo 9, fabbisogno di energia primaria per ventilazione. La procedura, non presente nella precedente versione, prevede come input la determinazione della portata di ventilazione calcolata secondo quanto riportato nella Normativa UNI/TS 11300-1; in base a tale valore si calcola il fabbisogno di energia elettrica (per la movimentazione dell'aria) e di energia termica (dovuto alla differenza di entalpia tra aria esterna e aria interna per le condizioni di temperatura e di umidità relativa) con le apposite formule. Tale metodologia non viene descritta dettagliatamente in questa sede in quanto non è argomento di questo progetto.
- Capitolo 11, fabbisogni di energia per altri usi. Potrebbero essere eliminati i fabbisogni energetici standard per usi di cottura.

APPENDICE III

Impianti fotovoltaici

Si riportano le modifiche effettuate sulla normativa UNI EN 15316:4:6:2008 da parte della revisione del 06/02/2012 della prUNI/TS 11300-4.

- Secondo il metodo di calcolo proposto nel Paragrafo 7.2 della prUNI/TS 11300-4 l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico può essere valutata mensilmente utilizzando i dati di irradiazione media mensile riportati sulla Normativa UNI 10349:1994.
- I valori del fattore di potenza di picco K_{pk} , per il calcolo di una stima della potenza di picco dell'impianto fotovoltaico – nel caso in cui non si abbiano a disposizione i dati di targa – devono essere scelti dalla tabella seguente, in base al tipo di modulo fotovoltaico.

Tipo di modulo fotovoltaico	k_{pk}
Silicio mono cristallino	0.150
Silicio multi cristallino	0.130
Film sottile di silicio amorfo	0.060
Altri strati di film sottile	0.035
Film sottile di diseleniuro di indio – rame – gallio (CIGS)	0.105
Film sottile di telluro di cadmio (CdTe)	0.095

Impianti solari termici

Si riportano le modifiche effettuate sulla normativa UNI EN 15316:4:3:2007 da parte della revisione del 06/02/2012 della prUNI/TS 11300-4 (in seguito chiamata "revisione").

- In caso di sistemi combi system (produzione contemporanea di riscaldamento e ACS), ognuno dei valori dei parametri X e Y va suddiviso nelle due componenti di riscaldamento e ACS, utilizzando, al posto del generico valore di Q_{use} , quello relativo alla rispettiva quota di energia fornita; sempre in caso di combi system, poiché si suddivide idealmente il volume del serbatoio di accumulo (se è unico per entrambi gli usi) mese per mese in due quote che dipendono dai due utilizzi $V_{nom,ACS}$ e $V_{nom,riscr}$, si possono ricavare corrispondentemente due valori diversi per il fattore correttivo legato alle dimensioni dell'accumulo, usando i due valori dei volumi "teorici";

- Nella formula di calcolo della temperatura di riferimento per la produzione di ACS viene sostituita la seguente:

$$T_{ref} = 11.6 + 1.18 * T_{utilizzo} + 3.86 * T_{acq} - 1.32 * T_{est} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Con la seguente:

$$T_{ref} = 11.6 + 1.18 * T_{utilizzo} + 3.86 * T_{acq} - 2.32 * T_{est} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- La temperatura di riferimento per la produzione di ACS si ricava tramite la seguente formula: $T_{ref} = 11.6 + 1.18 * T_{utilizzo} + 3.86 * T_{acq} - 2.32 * T_{est}$ [°C], in cui $T_{utilizzo}$ è posto uguale a 40°C, T_{acq} è la temperatura media di acquedotto annuale e T_{est} è la temperatura esterna. Tuttavia, se si hanno a disposizione due valori diversi per la temperatura media di acquedotto nella stagione invernale e nella stagione estiva, tali temperature possono essere utilizzate, per un calcolo più preciso, per determinare due diverse T_{ref} nei due sottoperiodi considerati;

- Per il calcolo delle perdite recuperate come riscaldamento dell'ambiente interno, si usano le seguenti formule:

$$Q_{rec,dis} = 0.05 Q_{sol,use} \left(1 - \frac{Q_{sol,out}}{Q_{sol,use}} \right) \text{ se le tubazioni di distribuzione non sono isolate}$$

$$Q_{rec,dis} = 0.02 Q_{sol,use} \left(1 - \frac{Q_{sol,out}}{Q_{sol,use}} \right) \text{ se le tubazioni di distribuzione sono isolate}$$

In cui $Q_{sol,use}$ è il fabbisogno mensile applicato all'impianto solare termico e $Q_{sol,out}$ è l'energia solare prodotta mensilmente dall'impianto solare termico;

- I valori dei parametri di riferimento degli impianti solari termici vengono stabiliti senza le distinzioni fatte nella normativa UNI EN 15316:4:3:2007 in valori tipici e valori penalizzanti. I valori adottati nella revisione sono:

prospetto C.2 – Caratteristiche dei collettori solari

Tipologia del collettore	η_0	a_1 [W/(m ² × K)]	a_2 [W/(m ² × K)]	IAM
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore piano	0,90	1,8	0,008	0,97
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore circolare	0,90	1,8	0,008	1,00
Collettori piani vetrati	0,78	3,5	0,015	0,94
Collettori non vetrati	0,76	15	0	1,00

Inoltre il valore tipico del rendimento del circuito (η_{loop}) viene assunto pari a 0.8, non a 0.9 come nella normativa europea citata.

- Nella revisione non sono riportati i valori tipici del coefficiente di riscaldamento ausiliario del serbatoio di accumulo in base alla geometria del serbatoio (orizzontale o verticale), come era invece presente nella normativa UNI EN 15316:4:3:2007. Tali coefficienti, nella revisione, sono dipendenti soltanto dalla tipologia di controllo di riscaldamento ausiliario dell'accumulo.

- Per la stima della potenza degli ausiliari elettrici la normativa prUNI/TS 11300-4 utilizza l'equazione seguente: $50 + 5 * A$, dove A rappresenta l'area lorda del collettore.

La stessa espressione è presente nella UNI EN 15316:4:3:2008 per il valore di penalità. Si nota quindi come venga adottato il valore cautelativo di potenza installata.

- I coefficienti di scambio termico del serbatoio di accumulo e del serbatoio di integrazione devono essere noti poiché valori o equazioni tipici non sono presenti nella normativa prUNI/TS 11300-4 (come invece sono presenti nella UNI EN 15316-4-3:2008).
- Le perdite recuperabili dal serbatoio di accumulo e dal serbatoio di integrazione termica sono ridotte all'80% del valore iniziale se siamo in caso di combi system, fatto non specificato precedentemente.
- Le perdite recuperabili dalle tubazioni di distribuzione del circuito serbatoio di accumulo-serbatoio di integrazione (nel caso di serbatoi separati) sono ridotte all'80% del valore iniziale, fatto non specificato precedentemente.
- Le perdite recuperabili dagli ausiliari elettrici sono l'80% del fabbisogno elettrico degli stessi.
- Il numero di ore mensili in cui gli ausiliari risultano in funzione si trova con le seguenti formule:

$$t_{aux} = \frac{2000 I_{sol} P_W}{\sum I_{sol}} \text{ per ACS}$$

$$t_{aux} = \frac{2000 I_{sol} N_{g,H,mese} P_H}{\sum I_{sol} N_{mese}} \text{ per riscaldamento}$$

In cui: $\frac{I_{sol}}{\sum I_{sol}}$ è la percentuale mensile dell'irradianza solare, P_W è la potenza termica prodotta per l'ACS, P_H è la potenza termica prodotta per riscaldamento, $N_{g,H,mese}$ è il numero di giorni di riscaldamento nel mese considerato e N_{mese} è il numero di giorni del mese considerato.

Generatori di calore a biomasse

Si riportano gli aggiornamenti relativi alla revisione del 06/02/2012 della prUNI/TS 11300-4.

- Rispetto alla precedente versione della prUNI/TS 11300-4, si stabilisce che le emissioni di CO₂ di tali caldaie non siano nulle ma prese pari a 0.013 kg CO₂/kWh;
- In caso di sistema polivalente (la quota di energia termica che il generatore di biomasse non riesce a fornire è attribuita a caldaie a combustibili fossili), il contributo di energia del generatore a biomassa è preso nullo nel caso in cui si utilizzi come fluido termovettore l'aria ed i terminali di erogazione non sono dotati di dispositivi di regolazione; inoltre, nel caso in cui sia presente un pannello solare, la percentuale massima che può essere fornita dal generatore di biomassa è riferita al valore totale di energia utile al netto di quella che viene fornita dal pannello.
- Il metodo di calcolo previsto dalla Normativa prevede sempre l'utilizzo di valori precalcolati da utilizzare nel caso in cui non si abbiano a disposizione i valori necessari per il calcolo dettagliato, secondo quanto riportato dalla Normativa UNI EN 15316-4-7. (Si ribadisce comunque che il calcolo analitico è da preferirsi in quanto fornisce valori delle prestazioni più simili a quelli reali). Tuttavia tali valori sono stati modificati per adattare il più possibile i risultati del calcolo descritto ai valori reali delle caldaie di questo genere presenti sul mercato. Di seguito si riportano le tabelle per il calcolo del rendimento forfettario nei vari sottocasi.

FLUIDO TERMO-VETTORE: ACQUA TERMOCAMINI, TERMOSTUFE E TERMOCUCINE A BIOMASSA					
Valore di base	F ₁			F ₃	
	φ _N /φ _{des}			Altezza del camino maggiore di 10 m	
	1	2	4	Si	No
Valore dichiarato dal fabbricante secondo le norme di riferimento (UNI EN 13229 – UNI EN 13240 e UNI EN 12815)	0	-2	-6	-4	0
50% (valore di default)	0	-2	-6	-4	0

FLUIDO TERMO-VETTORE: ARIA CAMINETTI, INSERTI, STUFE E CUCINE A BIOMASSA					
Valore di base	F ₁			F ₃	
	φ _N /φ _{des}			Altezza del camino maggiore di 10 m	
	1	2	4	Si	No
Valore dichiarato dal fabbricante (secondo norma UNI EN 13229 – UNI EN 13240 – UNI EN 12815 e UNI EN 15250)	0	-2	-6	-4	0
50% (valore di default)	0	-2	-6	-4	0

GENERATORI A CARICAMENTO MANUALE ASPIRATI O CON VENTILATORE FLUIDO TERMOVETTORE: ACQUA									
Valore di base del rendimento η_{base}	F_1^7			F_2		F_3		F_4	
	$\varphi_N/\varphi_{des}^8$			Installazione all'esterno		Altezza del camino maggiore di 10 m		T_{media} in caldaia maggiore di 65°C in condizioni di progetto	
	1	2	4	Sì	No	Sì	No	Sì	No
Valore dichiarato dal fabbricante (UNI EN 303-5 e UNI EN 12809)	0	-2	-6	-9	0	-2	0	-2	0
47% + 6 Log P_n (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-2	-6	-9	0	-2	0	-2	0

GENERATORE DI CALORE A CARICAMENTO AUTOMATICO CON VENTILATORE NON A CONDENSAZIONE FLUIDO TERMOVETTORE: ACQUA											
Valore di base del rendimento η_{base}	F_1^9			F_2		F_4		F_5		F_6	
	$\varphi_N/\varphi_{des}^{10}$			Installazione all'esterno		T_{media} in caldaia maggiore di 65°C in condizioni di progetto		Generatore monostadio		Camino di altezza maggiore di 10 m, in assenza di chiusura per l'aria comburente	
	1	1,5	2	Sì	No	Sì	No	Sì	No	Sì	No
Valore dichiarato dal fabbricante (secondo UNI EN 303-5, UNI EN 12809 e UNI EN 14785)	0	-1	-2	-2	0	-1	0	-1	0	-2	0
75% (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2	-2	0	-1	0	-1	0	-2	0

⁷ Se è presente un idroaccumulatore inerziale, qualunque sia il valore di φ_N/φ_{des} , si deve prendere F_1 pari a 1.

⁸ Per valori intermedi tra quelli presenti, usare un'interpolazione lineare.

⁹ Se è presente un idroaccumulatore inerziale, qualunque sia il valore di φ_N/φ_{des} , si deve prendere F_1 pari a 1.

¹⁰ Per valori intermedi tra quelli presenti, usare un'interpolazione lineare.

GENERATORE A CARICAMENTO AUTOMATICO CON VENTILATORE A CONDENSAZIONE FLUIDO TERMOVETTORE: ACQUA													
Valore di base del rendimento η_{base}	F_1^{11}			F_2		F_5		F_6		F_7			
	$\varphi_N/\varphi_{des}^{12}$			Installazione all'esterno		Generatore monostadio		Camino di altezza maggiore di 10 m, in assenza di chiusura per l'aria comburente		T di ritorno in caldaia nel mese più freddo ¹³			
	1	1,5	2	Sì	No	Sì	No	Sì	No	40	50	60	>60
Valore dichiarato dal fabbricante (UNI EN 303-5 e UNI EN 12809)	0	-1	-2	-1	0	-2	0	-2	0	0	-3	-5	-6
75% (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2	-1	0	-2	0	-2	0	0	-3	-5	-6

GENERATORI A CARICAMENTO AUTOMATICO CON VENTILATORE FLUIDO TERMOVETTORE: ARIA			
Valore di base del rendimento η_{base}	F_1^{14}		
	$\varphi_N/\varphi_{des}^{15}$		
	1	1,5	2
Valore dichiarato dal fabbricante (secondo la UNI EN 14785)	0	-1	-2
75% (valore di default in assenza di valore dichiarato)	0	-1	-2

¹¹ Se è presente un idroaccumulatore inerziale, qualunque sia il valore di φ_N/φ_{des} , si deve prendere F_1 pari a 1.

¹² Per valori intermedi tra quelli presenti, usare un'interpolazione lineare.

¹³ Per valori intermedi tra quelli presenti, usare un'interpolazione lineare.

¹⁴ Se è presente un idroaccumulatore inerziale, qualunque sia il valore di φ_N/φ_{des} , si deve prendere F_1 pari a 1.

¹⁵ Per valori intermedi tra quelli presenti, usare un'interpolazione lineare.

APPENDICE IV

Livello di illuminamento richiesto per ogni ambiente in funzione del tipo di attività svolta (da UNI/TS 11300-2, revisione del 19/03/2012)

150 lux	Zone di transito, di circolazione e corridoi
	Altri locali con caratteristiche analoghe ai precedenti
300 lux	Servizi igienici
	Mense e sale da pranzo
	Sale d'attesa
	Reception
	CED - Centro elaborazione dati
	Stanze del personale
	Sale di teatri e cinema
	Biblioteche - zone scaffali per libri
	Attività commerciali - zone esposizione e vendita
	Palestre ed attività sportive in generale
	Magazzini
	Altri locali con caratteristiche analoghe ai precedenti
500 lux	Cucine
	Sale riunioni e congressi
	Stanze da letto
	Uffici
	Sale per visite e trattamenti
	Biblioteche - zone lettura
	Attività commerciali - zone casse
	Aule e laboratori
	Zone di lavorazione
	Musei e mostre
	Altri locali con caratteristiche analoghe ai precedenti
750 lux	Sale operatorie
	Altri locali con caratteristiche analoghe ai precedenti

Metodo di calcolo semplificato per il calcolo della potenza installata per illuminazione artificiale

Si utilizza la formula $W_{ill,min} = \frac{\Phi_{ill}}{\mu_{ill}}$ in cui:

- Φ_{ill} è il flusso luminoso emesso dagli apparecchi, in lumen, dato dalla formula $\Phi_{ill} = \frac{E}{n \cdot F_{De}} S$, dove E [lux] è il livello di illuminamento richiesto, ricavato da appositi prospetti; n è il fattore di utilizzazione del locale, dipendente dalla forma e dai coefficienti di riflessione delle superfici (secondo la revisione della UNI/TS 11300 Parte 2, assunto pari a 0,5); F_{De} è il fattore di decadimento del sistema lampada - apparecchio - pareti (secondo la UNI/TS 11300 Parte 2, assunto pari a 0,7); S è la superficie utile del pavimento dell'ambiente in m^2 ;
- μ_{ill} è l'efficacia luminosa delle lampade, che può essere ricavata dal seguente prospetto.

Efficacia luminosa di riferimento per alcune lampade

Tipo di lampada		Efficacia luminosa [lm/W]
Ad incandescenza	Tradizionali	12
	Alogene	20
A fluorescenza	Compatte	60
	Tubolari o circolari	90
A led		60
Agli ioduri metallici		90

REPORT DI FASE B, “SVILUPPO DEL SOFTWARE APPLICATIVO PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI (SEAS), MANUALE D’USO”

INDICE DEL REPORT DI FASE B

REPORT DI FASE B, “SVILUPPO DEL SOFTWARE APPLICATIVO PER LA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI (SEAS), MANUALE D’USO”	106
ARCHITETTURA E STRUTTURA DEL SOFTWARE SEAS.....	109
FOGLI DI LAVORO SU INVOLUCRO E PROFILO DI UTILIZZO	113
<i>Foglio di lavoro “ANAGRAFICA”</i>	<i>113</i>
<i>Foglio di lavoro “INV_GEN”</i>	<i>113</i>
Regime di funzionamento dell’impianto (intermittenza, attenuazione o regime continuo).....	118
Calcolo del fattore correttivo.....	121
Ciclo iterativo per la determinazione della temperatura di set point equivalente.....	123
Dispersioni termiche da parte dei componenti opachi per scambio con la volta celeste	124
<i>Foglio di lavoro “PROFILO”</i>	<i>126</i>
Determinazione della stagione di riscaldamento	131
<i>Foglio di lavoro “INPUT ACS”</i>	<i>135</i>
<i>Foglio di lavoro “CARICHI MENSILI”</i>	<i>140</i>
<i>Foglio di lavoro “ILLUMINAZIONE”</i>	<i>145</i>
<i>Foglio di lavoro “Carichi interni”.....</i>	<i>153</i>
<i>Foglio di lavoro “INPUT_INV_O”</i>	<i>151</i>
<i>Foglio di lavoro “INPUT_INV_FIN”.....</i>	<i>157</i>
Dispersioni per ventilazione da apertura serramenti:	163
Fattore di riduzione per schermature mobili:.....	163
<i>Foglio di lavoro “I_VENT”</i>	<i>164</i>
Procedura di calcolo della portata esterna per i requisiti minimi secondo UNI 10339.	167
Procedura realistica per il calcolo della quantità di aria in ingresso per infiltrazioni	167
Procedura realistica per il calcolo della quantità di aria in ingresso per ventilazioni	167
<i>Foglio di lavoro “INPUT_INV_TERRA”</i>	<i>169</i>
<i>Foglio di lavoro “INPUT_PT”</i>	<i>176</i>
<i>Foglio di lavoro “I_CAP”</i>	<i>178</i>
<i>Foglio di lavoro “OUTPUT_INV”</i>	<i>180</i>
FOGLI DI LAVORO SULLE CARATTERISTICHE DELL’IMPIANTO PER I SERVIZI DI RISCALDAMENTO E ACS ..	183
<i>Foglio di lavoro “GENERALE_IMP”</i>	<i>183</i>
Criterio di ripartizione millesimale delle spese di fabbisogno del servizio	184
Audit di edifici multizona	185
Principali campi presenti nel foglio.....	185
<i>Foglio di lavoro “EMISSIONE”</i>	<i>188</i>
<i>Foglio di lavoro “REGOLAZIONE”</i>	<i>190</i>
<i>Foglio di lavoro “DISTRIBUZIONE”</i>	<i>191</i>
<i>Foglio di lavoro “PROD ACS”</i>	<i>193</i>
<i>Foglio di lavoro “DISTR_ACS”</i>	<i>195</i>
<i>Foglio di lavoro “ACCUM_COMBI”</i>	<i>197</i>
<i>Foglio di lavoro “ACCUM_ACS”</i>	<i>199</i>

<i>Foglio di lavoro "ACCUM_RISC"</i>	201
<i>Foglio di lavoro "RECUP"</i>	203
<i>Foglio di lavoro "GENERAZIONE"</i>	204
Input principali - Teleriscaldamento	206
Input principali - Caldaia a biomassa	207
Input principali - Pompe di calore	207
Input principali – Pomp di calore ACS interna	208
Input principali – Generatore a combustibili fossili	208
FOGLI DI SIMULAZIONE DI IMPIANTI SOLARI TERMICI	210
<i>Foglio di calcolo "INPUT_ST"</i>	211
<i>Foglio di calcolo "OUTPUT_ST"</i>	214
<i>Foglio di lavoro "INPUT_FV"</i>	218
<i>Foglio di lavoro "OUTPUT_FV"</i>	221
Procedura per il calcolo del rendimento del sistema in condizioni reali (metodo Evans, 1981)	222
<i>Foglio di lavoro "OUTPUT_GEN"</i>	223
FOGLI DI INSERIMENTO DEI DATI DI FATTURAZIONE	226
<i>Foglio di lavoro "I_ELE"</i>	228
<i>Foglio di lavoro "I_GAS"</i>	229
<i>Foglio di lavoro "I_GASOLIO"</i>	232
<i>Foglio di lavoro "I_BIOMASSE"</i>	233
<i>Foglio di lavoro "I_ALTRO_COMB"</i>	234
<i>Foglio di lavoro "I_ACQUA"</i>	235
<i>Foglio di lavoro "OUT_FATT"</i>	236
<i>Foglio di lavoro "CONFRONTO"</i>	237
FILE "ANALISI ECONOMICA"	239
<i>Foglio di lavoro "Attualizzato"</i>	240

ARCHITETTURA E STRUTTURA DEL SOFTWARE SEAS

L'applicativo sviluppato si articola in tre fasi:

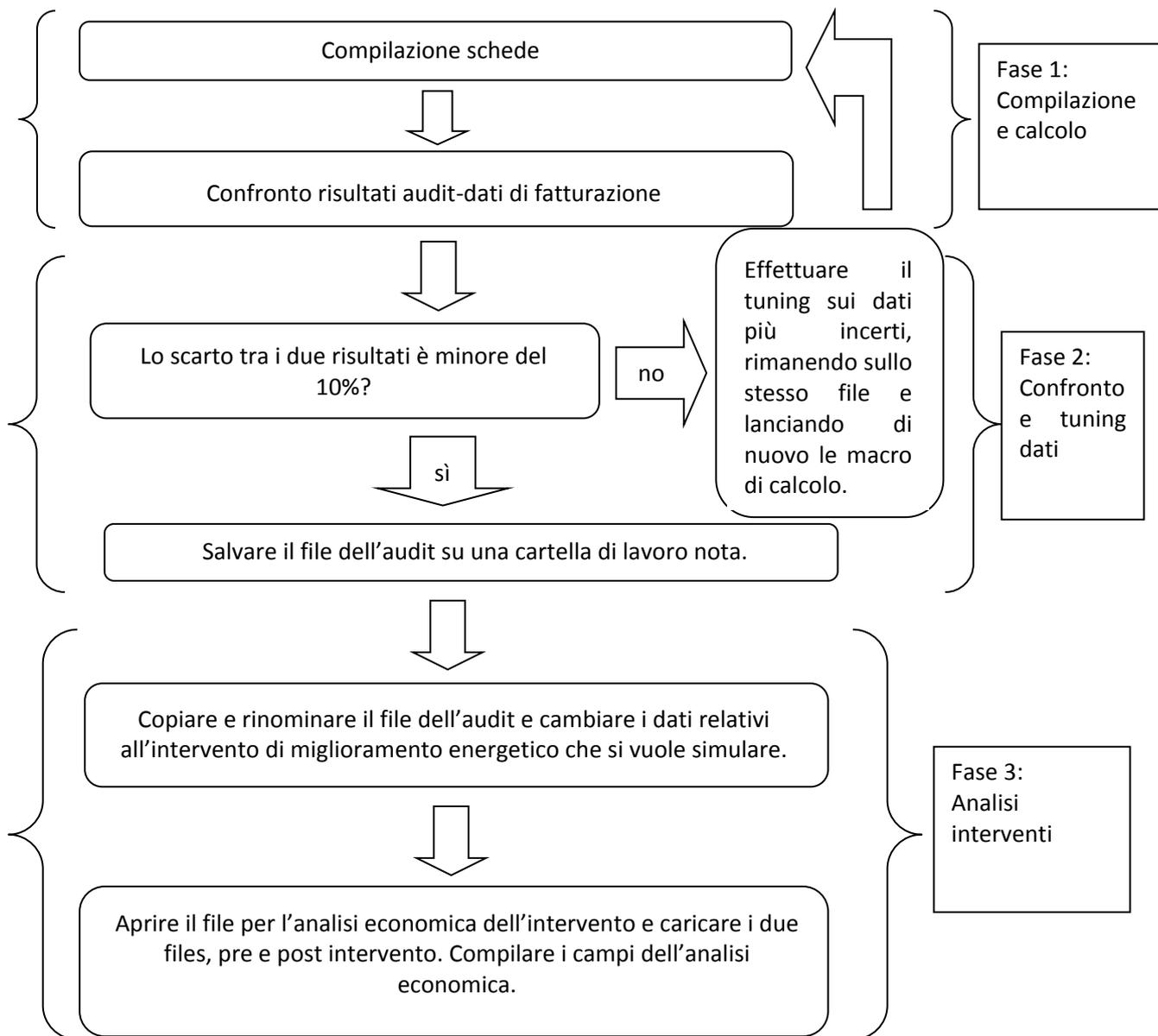
La prima prevede la compilazione delle schede per il calcolo del fabbisogno di energia primaria della zona soggetta ad audit, incluse quelle relative ai sistemi di produzione di energia termica ed elettrica, e l'avvio della procedura di calcolo, nonché l'inserimento dei dati di consumo desunti dalla fatturazione energetica. Per passare da un foglio di lavoro ad un altro occorre utilizzare le apposite frecce presenti in ogni foglio, che automaticamente salvano il contenuto della scheda e aprono la successiva. Nelle schede della generazione non si ha la freccia per passare alla scheda successiva perché questo passaggio avviene automaticamente calcolando la copertura, da parte del generatore inserito, del fabbisogno della zona. In ogni scheda è presente l'icona della home che permette all'auditor di tornare alla prima pagina dell'anagrafica. Nella home è presente il tasto "RIATTIVA MACRO" da utilizzare nel caso di involontario blocco delle macro ed avviamento del sistema di debug.

<i>Indice schede input</i>
INPUT GENERALI
PROFILO DI UTILIZZO
INPUT PER SERVIZIO DI ACS
CARICHI ELETTRICI
ILLUMINAZIONE
VENTILAZIONE
ELEMENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO
ELEMENTI FINESTRATI DELL'INVOLUCRO
ELEMENTI A CONTATTO CON IL TERRENO
PONTI TERMICI
CAPACITA' TERMICA
ANALISI GENERALE DELL'IMPIANTO
SISTEMA DI EMISSIONE (RISCALDAMENTO)
SISTEMA DI REGOLAZIONE (RISCALDAMENTO)
SISTEMA DI DISTRIBUZIONE (RISCALDAMENTO)
SISTEMA DI EROGAZIONE (ACS)
SISTEMA DI DISTRIBUZIONE (ACS)
SISTEMA DI ACCUMULO A SERVIZIO COMBINATO
SISTEMA DI ACCUMULO PER SERVIZIO DI ACS
SISTEMA DI ACCUMULO PER RISCALDAMENTO
ANALISI DEGLI ACCUMULI
SISTEMA SOLARE TERMICO
SISTEMA DI GENERAZIONE
FOTOVOLTAICO
FATTURE ENERGIA ELETTRICA
FATTURE GAS NATURALE
FATTURE GASOLIO
FATTURE BIOMASSA
FATTURE ALTRO COMBUSTIBILE
FATTURE ACQUA

<i>Indice schede output</i>
OUTPUT INVOLUCRO
ANALISI DEGLI ACCUMULI
OUTPUT SOLARE TERMICO
OUTPUT FOTOVOLTAICO
OUTPUT GENERAZIONE
RIEPILOGO FATTURE
CONFRONTO

La seconda fase consiste nel confronto tra i dati ottenuti dalla procedura di audit con quelli ottenuti dall'analisi dei consumi da fattura, nonché nel tuning dei dati più incerti tra quelli inseriti.

La terza fase invece prevede la simulazione di interventi di miglioramento energetico attraverso la creazione e la compilazione di un nuovo foglio "post-intervento" per il calcolo del fabbisogno energetico e quindi la relativa analisi economica.



Per tutte le schede di inserimento dati e calcolo dei risultati, la struttura è riportata di seguito. Si è previsto campo con il nome del campo del dato di input ("Campo"), una colonna in cui inserire o scegliere il dato di input tra quelli proposti in un menù a tendina ("Input"), una colonna con l'unità di misura del dato di input in esame ("Unità di misura"), una colonna con la fonte del dato inserito o scelto ("Fonte dell'input"), infine una colonna in cui l'auditor possa scegliere l'incertezza del dato di input inserito ("Grado di incertezza del dato"). I campi di input sono facilmente individuabili dall'auditor grazie al differente riempimento cromatico.

Per il campo "Fonte dell'input" si può scegliere in un menù a tendina tra le opzioni:

1. Committente-intervista. Tipicamente per dati di gestione dell'edificio.
2. Dati di catalogo-dati di progetto. Tipicamente per dati di involucro o di impianto, e previa verifica che questi siano conformi alla situazione reale dell'immobile.
3. Normativa tecnica-enti terzi. Tipicamente per dati climatici provenienti da database delle agenzie regionali per il territorio e l'ambiente o altro, o per dati trovati in normativa e assunti per buoni dall'auditor. Nel primo caso, si verifichi l'attendibilità del dato e la conformità alla legislazione vigente degli strumenti di misura.
4. Analisi del sito-misurazioni dell'auditor. Tipicamente per dati climatici rilevati e registrati in loco o per dati elettrici o geometrici rilevati dall'auditor in fase di sopralluogo.
5. Dati da altro foglio di calcolo. Se si opera questa scelta significa che i dati di queste celle sono direttamente dei collegamenti con altri fogli di calcolo.

Per il campo "Grado di incertezza del dato" si può scegliere in un menù a tendina tra le opzioni:

1. Sicuro.
2. Incerto.
3. Molto incerto.

Si è introdotto tale campo a cura dell'auditor per raccogliere informazioni circa l'attendibilità del dato. Tale informazione è spesso nota al compilatore e merita di essere esplicitata per poter, a fine calcolo, essere utilizzata come "filtro" e come prima base per l'analisi di sensibilità (se infatti gli output dell'audit fossero diversi da quelli previsti in base ai dati di fatturazione, l'auditor può effettuare un tuning andando a modificare per primi proprio gli input inseriti che sono associati ad un'incertezza elevata). In tal caso, all'auditor basterà effettuare una ricerca in tutto il file dei campi che riportano lo script "Molto incerto".

Gli output sono forniti in modo tabulare o grafico (ad esempio istogrammi, diagrammi a torta...): in particolare si possono mettere a confronto i risultati dell'audit con i dati di fatturazione energetica degli anni precedenti, di modo da individuare anche le linee di tendenza dei consumi.

Per quanto riguarda gli impianti a servizio della zona soggetta ad audit (impianto di riscaldamento, quello di produzione di ACS ed il sistema dell'energia elettrica), occorre inserire delle informazioni nelle schede dell'impianto. Per ognuno dei tre servizi si chiede di riportare se lo specifico impianto è a servizio esclusivo della zona soggetta ad audit. Per "zona soggetta ad audit" si intende l'insieme dei locali che si è appena terminato di descrivere nelle schede relative all'involucro e occorre specificare se l'impianto in questione serve esclusivamente l'insieme dei locali considerato precedentemente. In questi casi si utilizza di solito la denominazione "impianto autonomo", altrimenti "impianto centralizzato".

Si riportano una serie di esempi a scopo di facilitare l'auditor in alcuni casi comuni:

1. Audit di un edificio monofamiliare residenziale con impianto di riscaldamento, di produzione ACS ed elettrico autonomi¹⁶.

In questo caso, nelle schede riferite all'involucro si dovranno inserire le informazioni riguardanti l'intera struttura: infatti *la zona soggetta ad audit coincide con l'intero edificio*. Inoltre l'impianto presente (ad

¹⁶ Uno specifico subalterno è servito da un "impianto elettrico autonomo" se esistono uno o più specifici contatori dedicati alla misurazione esclusiva della sola energia elettrica impiegata all'interno del subalterno stesso.

esempio una tradizionale caldaia a gas) è a servizio esclusivo del singolo edificio e di conseguenza della sola zona soggetta ad audit.

2. Audit di un intero edificio condominiale residenziale con impianto di riscaldamento, di produzione ACS ed elettrico autonomi.

In questo caso, anche se gli involucri dei singoli appartamenti potrebbero risultare molto simili tra loro, al fine di considerare il diverso regime di funzionamento per i rispettivi impianti autonomi, è necessario non trascurare le singole caratteristiche di utilizzo dei locali.

Non è quindi possibile far coincidere l'intero edificio con la zona soggetta ad audit, ma bisognerà eseguire uno specifico audit, in differenti file, per ogni subalterno. In ognuno di essi, risultando l'impianto a servizio esclusivo di un solo appartamento, tutte le caselle apposite nel foglio di lavoro "Generale_imp" andranno impostate nel valore "Si".

I consumi globali dell'edificio si potranno ottenere sommando i consumi di tutti gli audit eseguiti.

3. Audit di un singolo appartamento residenziale in un edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato ed impianti di produzione ACS ed elettrico autonomi.

In questo caso la *zona soggetta ad audit* coincide con il singolo appartamento, non con l'intero edificio. Nelle schede riferite all'involucro devono inserire le informazioni riguardanti le caratteristiche del solo appartamento analizzato.

Nel foglio "Generale_imp", essendo l'impianto di riscaldamento centralizzato, la cella B5 dovrà essere impostata su "No", mentre le celle B30 e B43 dovranno essere impostate su "Si". Nella sezione di questo manuale riguardante i criteri di ripartizione, verrà illustrato come l'applicativo ricostruisce il carico dell'impianto centralizzato a partire dai fabbisogni di una singola utenza.

4. Audit di un intero edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato ed impianti di produzione ACS ed elettrico autonomi.

Come illustrato nell'esempio 2, in questo caso *non è possibile far coincidere l'intero edificio con la zona soggetta ad audit*, ma bisognerà impostare uno specifico audit, su file differenti, per valutare i fabbisogni di ogni subalterno.

NOTA BENE: Per ogni file, relativo quindi al singolo appartamento, non si deve eseguire l'analisi dell'impianto di riscaldamento, ma solo alla valutazione dei fabbisogni riassunti dalla scheda "OUTPUT_INV".

Questa operazione può essere eseguita selezionando "No" nella cella B5, selezionando "Inserimento manuale millesimi" nella cella C21 ed impostando il valore "0" nella cella C22. Per quanto riguarda gli altri due impianti (ACS ed Elettrico) si deve proseguire seguendo la procedura illustrata nei punti precedenti per i servizi autonomi. I consumi globali per il servizio di ACS ed elettrici dell'edificio si ottengono sommando i consumi di tutti gli appartamenti.

Per completare l'audit, bisogna ora eseguire un calcolo dei millesimi di riscaldamento a partire dai fabbisogni riassunti in ogni file dalla scheda "OUTPUT_INV". In questa maniera, oltre ad ottenere una validazione del valore dei suddetti utilizzati per la ripartizione delle spese, si potrà effettuare l'analisi dell'impianto di riscaldamento centralizzato. È infatti sufficiente selezionare il file relativo al primo appartamento e selezionare le seguenti opzioni: "No" nella cella B5 "Inserimento manuale millesimi" nella cella C21, impostare il valore dei millesimi del primo subalterno nella cella C22 e proseguire nel file con la sequenza delle schede presentata dall'applicativo.

FOGLI DI LAVORO SU INVOLUCRO E PROFILO DI UTILIZZO

Foglio di lavoro "ANAGRAFICA"

Questo è il primo foglio di calcolo e la home page del software SEAS. Per iniziare un nuovo audit, l'auditor deve premere il tasto "INIZIA NUOVO AUDIT" che inizializza tutte le procedure e elimina dai campi di input tutti i valori presenti. Viene subito richiesto il salvataggio con nome del file di audit. Se invece si riapre l'applicativo per continuare un audit già iniziato, si procede semplicemente con la compilazione dati. In questo foglio, l'auditor deve inserire alcuni dati necessari per l'identificazione dell'audit eseguito. Sono richiesti infatti nome ed indirizzo dell'edificio, nome del committente ed altri input basilari che verranno richiamati nelle schede seguenti: la superficie calpestabile, il volume lordo e quello netto della zona soggetta ad audit che sfrutta il sistema di riscaldamento, il numero di occupanti e la destinazione d'uso. In questo foglio di lavoro è presente l'indice delle schede da compilare e il tasto "RIATTIVA MACRO" da utilizzare nel caso di involontario blocco delle macro ed avviamento del sistema di debug.

Alcune precisazioni:

- Per quanto riguarda il volume netto della zona soggetta ad audit, essa comprende soltanto la zona riscaldata. Il calcolo del volume netto va effettuato al netto dei muri di partizione interna. In mancanza di dati di progetto, si prendano i dati in sede di sopralluogo l'area netta. In ultima analisi si possono adottare i coefficienti moltiplicativi presenti nella normativa UNI/TS 11300-1, che correggono il volume lordo della zona in funzione dello spessore delle mura perimetrali esterne.

Foglio di lavoro "INV_GEN"

Questo foglio di calcolo riporta le caratteristiche generali dell'edificio e della sua caratterizzazione climatica e di funzionamento dell'impianto.

In particolare per le tre variabili climatiche principali (irraggiamento solare medio mensile, velocità del vento media giornaliera annua, temperatura esterna media mensile) si prevede la possibilità di inserimento manuale da parte dell'auditor, nel caso sia a conoscenza di dati specifici del luogo. Si specifica che i dati climatici, per essere affidabili devono rispettare le normative vigenti e in particolare la UNI EN ISO 15927:2005. Nel caso l'auditor non abbia tali dati, si fa riferimento a quelli presenti nella UNI 10349:1994.

Si prevede per questi ultimi dati di normativa, che sono riferiti al capoluogo di provincia, tutte le possibili correzioni previste nella suddetta normativa per renderli maggiormente simili a quelli reali in corrispondenza della zona soggetta ad audit. Per quanto riguarda la velocità del vento inoltre è stata implementata anche la correzione logaritmica presente in appendice A della UNI EN 15242:2008 in funzione della distanza dalla quota di riferimento del dato preso, ovvero 10 metri sul piano di campagna. Tale correzione è valida per velocità del vento maggiori di 2 m/s e per altezze del sito (h) che rispettino la relazione $h > 20 * z$ dove z è la rugosità del terreno.

Si ricorda che la latitudine dell'edificio soggetto a diagnosi è espressa in gradi decimali [ad esempio 41,8, non 41°22'33"].

Per quanto riguarda il regime di funzionamento, si rimanda al paragrafo di approfondimento.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
GEN_2	Inizio diagnosi	%Il valore di questa cella è unitario se l'auditor compila questo foglio per la prima volta. E' invece nullo quando, appena tutti i fogli del file INVOLUCRO sono stati compilati e si giunge al foglio OUTPUT, l'auditor clicca sulla cella "Fine del calcolo" che procede al ri-calcolo di tutti gli output.Ulteriori approfondimenti sono specificati nel paragrafo dedicato.	
GEN_8	Ubicazione dell'edificio	%Scegliere l'ubicazione dell'edificio soggetto ad audit per l'attribuzione del fattore di rugosità del sito nella correzione logaritmica della velocità del vento in funzione dell'altezza media della zona soggetta ad audit rispetto al piano campagna.%	
GEN_9	Altezza della zona soggetta ad audit rispetto al piano campagna	%Inserire l'altezza media della zona soggetta ad audit rispetto al piano campagna, per correggere poi la velocità del vento.%	[m]
GEN_10	Provincia di riferimento per la temperatura	%Scegliere tra le provincie del menù a tendina quella più vicina in linea d'aria e sullo stesso versante geografico della località in cui è l'edificio soggetto ad audit. Non necessariamente coincide con il capoluogo di provincia di appartenenza. Questa informazione serve per ottenere una temperatura esterna più vicina a quella reale per edifici non situati nel capoluogo di provincia, secondo il procedimento presente al capitolo 4 della UNI 10349.%	
GEN_11	Prima provincia di riferimento per l'irraggiamento	%Scegliere tra le provincie del menù a tendina quella più vicina in linea d'aria e sullo stesso versante geografico della località in cui è l'edificio soggetto ad audit. Non necessariamente coincide con il capoluogo di provincia di appartenenza. Questa informazione serve per ottenere un valore di irraggiamento più vicino a quello reale per edifici non situati nel capoluogo di provincia, secondo il procedimento presente al capitolo 5 della UNI 10349.%	
GEN_12	Seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento	%Scegliere tra le provincie del menù a tendina una seconda provincia vicina in linea d'aria e sullo stesso versante geografico della località in cui è l'edificio soggetto ad audit. Non necessariamente coincide con il capoluogo di provincia di appartenenza. Questa informazione serve per ottenere un valore di irraggiamento più vicino a quello reale per edifici non situati nel capoluogo di provincia, secondo il procedimento presente al capitolo 5 della UNI 10349.%	
GEN_14	Latitudine della prima provincia di riferimento per	%Questa cella riporta il valore della latitudine (in gradi decimali) della prima provincia di riferimento	

	l'irraggiamento	per l'irraggiamento.%	
GEN_15	Latitudine della seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento	%Questa cella riporta il valore della latitudine (in gradi decimali) della seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento.%	
GEN_18	Zona di vento	%Inserire la zona di vento (da 1 a 4) in base alla tabella che si trova nel paragrafo 6 della normativa UNI 10349, riportata in funzione della distanza dal mare della località in cui è presente l'edificio e della regione di vento segnata nella mappa presente nello stesso paragrafo.%	
GEN_19	Capoluogo di riferimento per zona di vento	%Scegliere tra le province del menù a tendina una vicina in linea d'aria, sullo stesso versante geografico e nella stessa regione di vento della località in cui è ubicato l'edificio soggetto ad audit. Non necessariamente coincide con il capoluogo di provincia di appartenenza. Questa informazione serve per la correzione della velocità media giornaliera del vento annuale secondo il procedimento presente al capitolo 6 della UNI 10349.%	
GEN_23	Velocità del vento corretta	%Questa cella riporta il valore medio annuale della velocità del vento media giornaliera. Questo valore può essere (in base all'informazione del campo GEN_18) o quello inserito dall'utente (campo GEN_19), se noto, o quello della normativa (campo GEN_20), ma viene corretto sia in funzione dell'effettiva località in cui è ubicato l'edificio, secondo il procedimento presente al capitolo 6 della UNI 10349 sia viene corretto in funzione dell'altezza media della zona rispetto al piano di campagna, come specificato nell'introduzione a questo foglio.%	[m/s]
GEN_24	Quale regime di funzionamento dell'impianto è presente?	%Scegliere il regime di funzionamento dell'impianto presente. Per ogni delucidazione si rimanda al paragrafo "Ciclo iterativo per la determinazione della temperatura di set point equivalente" %	
GEN_25:G EN_29	Vedi paragrafo di approfondimento "Regime di funzionamento dell'impianto (intermittenza, attenuazione o regime continuo)."		
GEN_30	Temperatura di set point equivalente		[°C]
GEN_31	Gennaio	%In queste celle sono riportati, mese per mese, i valori della temperatura interna di set point equivalente, tenendo conto del regime di funzionamento presente. Si ricorda che, per la presenza di un ciclo iterativo nel calcolo della temperatura di set point equivalente in caso di intermittenza/attenuazione, si è ipotizzato di effettuare un primo calcolo con la temperatura di set point equivalente fissata a 20°C. Quindi calcolare la costante di tempo dell'edificio e di	[°C]
...	...		[°C]
GEN_42	Dicembre		[°C]

		nuovo effettuare il calcolo della temperatura di set point equivalente con la costante di tempo reale.%	
GEN_43	Temperatura esterna	%Scegliere se il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna è nota da enti terzi (ARPA o altro) o se invece va adottato il valore della normativa UNI 10349. E' preferibile l'adozione dei valori forniti da enti locali se opportunamente mediati su un numero di anni significativo e se misurati con strumentazione e in modo certificato.%	
GEN_44	NON COMPILARE/COMPILA	%Questa cella riporta, in funzione della scelta effettuata nel campo GEN_43 sulla conoscenza o meno della temperatura esterna media mensile, il comando di compilare o meno i 12 campi successivi.%	
GEN_45	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna fornita da enti terzi certificati.%	[°C]
...	...		[°C]
GEN_56	Dicembre		[°C]
GEN_57	VALORI DA NORMATIVA/NON COMPILARE	%Questa cella riporta, in funzione della scelta effettuata nel campo GEN_43 sulla conoscenza o meno della temperatura esterna media mensile, il comando di compilare o meno i 12 campi successivi.%	
GEN_58	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna della località in cui è ubicato l'edificio, corretta secondo la procedura del paragrafo 4 della normativa UNI 10349 in funzione dell'altezza sul mare della località reale rispetto alla provincia di riferimento. Si ricorda che tale valore è caratteristico del 15esimo giorno del mese%	[°C]
...	...		[°C]
GEN_69	Dicembre		[°C]
GEN_70	Temperatura esterna		
GEN_71	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna della località in cui è ubicato l'edificio, corretta, se il periodo di riscaldamento è quello dettato dalla legislazione vigente, per tener conto della frazione di mese di riscaldamento (nel caso di mesi di inizio/fine stagione si interpolano i valori della temperatura (calcolata il 15 di ogni mese) fino a portarsi al giorno medio del mese di fine/inizio stagione.%	[°C]
...	...		[°C]
GEN_82	Dicembre		[°C]
GEN_83	Zona d'Italia	%Scegliere la zona d'Italia in cui è ubicato l'edificio soggetto ad audit. Tale informazione serve per il calcolo della distribuzione giornaliera di temperatura del giorno medio mensile secondo quanto specificato nell'appendice G della UNI TS 11300-4.%	
GEN_84	Escursione termica giornaliera		

GEN_85	Gennaio	%Questa cella riporta, mese per mese, l'escursione termica giornaliera della provincia di appartenenza dell'edificio soggetto ad audit. Tale informazione serve per il calcolo della distribuzione giornaliera di temperatura del giorno medio mensile secondo quanto specificato nell'appendice G della UNI TS 11300-4.%	[°C]
...	...		[°C]
GEN_96	Dicembre		[°C]
GEN_97	Irraggiamento diretto su piano orizzontale corretto sulla località		
GEN_98	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore dell'irraggiamento diretto medio mensile della località in cui è ubicato l'edificio, corretta secondo la procedura del paragrafo 5 della normativa UNI 10349, come media pesata dei valori di irraggiamento delle due provincie di riferimento sulle loro rispettive latitudini. Si ricorda che tale valore è caratteristico del 15esimo giorno del mese%	[MJ/m ²]
...	...		[MJ/m ²]
GEN_109	Dicembre		[MJ/m ²]
GEN_110	Irraggiamento diffuso su piano orizzontale corretto sulla località		
GEN_111	Gennaio	%Tutte le spiegazioni sono analoghe al caso precedente, ma per il calcolo medio mensile dell'irraggiamento diffuso.%	[MJ/m ²]
...	...		[MJ/m ²]
GEN_122	Dicembre		[MJ/m ²]
GEN_123	Irraggiamento diretto su piano orizzontale corretto definitivamente		
GEN_124	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore dell'irraggiamento diretto medio mensile della località in cui è ubicato l'edificio, corretto, se il periodo di riscaldamento è quello dettato dalla legislazione vigente, per tener conto della frazione di mese di riscaldamento (nel caso di mesi di inizio/fine stagione si interpolano i valori della temperatura (calcolata il 15 di ogni mese) fino a portarsi al giorno medio del mese di fine/inizio stagione%	[MJ/m ²]
...	...		[MJ/m ²]
GEN_135	Dicembre		[MJ/m ²]
GEN_136	Irraggiamento diffuso su piano orizzontale corretto definitivamente		
GEN_137	Gennaio	%Tutte le spiegazioni sono analoghe al caso precedente, ma per il calcolo medio mensile dell'irraggiamento diffuso.%	[MJ/m ²]
...	...		[MJ/m ²]
GEN_148	Dicembre		[MJ/m ²]

Regime di funzionamento dell'impianto (intermittenza, attenuazione o regime continuo).

Per tener conto della presenza di periodi, all'interno del periodo di riscaldamento, di non funzionamento dell'impianto (intermittenza) o di attenuazione della temperatura di set point rispetto a quella nominale, la normativa UNI TS 11300-1 rimanda, per le diagnosi, alla normativa UNI EN ISO 13790. In particolare viene calcolato il fabbisogno di energia termica dell'involucro in regime continuo (come se non fosse presente alcun tipo di intermittenza o attenuazione), ma con termostatazione ad una temperatura di set point diversa da quella nominale presente in regime di riscaldamento, oppure con l'applicazione di un coefficiente riduttivo al fabbisogno stesso, come esplicitato sotto.

Questa procedura si applica sia in regime di riscaldamento.

Si riassumono i casi implementati nell'applicativo. Quando non specificato, le espressioni valgono in caso di riscaldamento:

1. Regime di intermittenza (tipicamente nel ciclo giorno-notte o giorni feriali-giorni festivi, o per periodi più lunghi di vacanza o assenza). Si utilizza un periodo significativo settimanale sul quale calcolare i periodi di intermittenza o meno. Si è scelto la settimana perché la più indicativa come modularità. Il periodo orario settimanale è quindi di 24 ore per 7 giorni, ovvero di 168 ore. Si richiedono i seguenti dati di input.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
GEN_24	Quale regime di funzionamento dell'impianto è presente?	%Scegliere il regime di funzionamento dell'impianto presente. In questo caso, scegliere "Regime di intermittenza"	
GEN_25	Temperatura di set point principale	%Inserire la temperatura di set point principale, per la quale l'impianto lavora in condizioni standard.%	[°C]
GEN_26	Inserisci periodo settimanale di riscaldamento a set point principale	%Come da comando, inserire il numero di ore all'interno della settimana in cui il riscaldamento è a set point principale.%	[h]
GEN_27	NON COMPILARE	% Non esiste una temperatura di attenuazione nel caso di intermittenza: l'aria interna si porta, in funzione della costante di tempo dell'edificio, alla temperatura esterna.%	[°C]
GEN_28	Inserisci il periodo più corto di spegnimento	% Inserire il periodo più corto all'interno della stagione di riscaldamento in cui l'impianto è spento (non si considerano i periodi di attacco-stacca, ma solo quelli in cui la caldaia è effettivamente spenta). Si raccomanda di considerare le abitudini medie di gestione dell'impianto, non i casi particolari.%	[h]
GEN_29	Inserisci il periodo più lungo di spegnimento	% Inserire il periodo più lungo all'interno della stagione di riscaldamento in cui l'impianto è spento (tipicamente un periodo di vacanza ricorrente ogni anno o il fine settimana). Si raccomanda di considerare le abitudini medie di gestione dell'impianto, non i casi particolari (ad esempio un periodo occasionale di assenza degli utenti).%	[h]

La temperatura di set point equivalente in caso di intermittenza è data, in funzione delle condizioni sotto esposte, dalle seguenti espressioni:

Condizione	Espressioni della temperatura di set point equivalente	Fattore correttivo
se $5 \cdot \tau < \text{GEN}_{28}$ [h] dove con τ si intende la costante di tempo dell'edificio calcolata mese per mese.	$T_{\text{set,m}} = (\text{GEN}_{25} \cdot \text{GEN}_{26} + T_{\text{est}} \cdot (24 \cdot 7 - \text{GEN}_{26})) / (24 \cdot 7)$	La costante di tempo dell'edificio è talmente corta da far sì che la temperatura interna si porti quasi istantaneamente ai valori di quella esterna. Si considera quindi una temperatura di set point media tra quella esterna e quella standard pesata sui tempi di funzionamento nei due regimi.
se $(\text{GEN}_{25} - T_{\text{est}}) < 3$ [K]	$T_{\text{set,m}} = (\text{GEN}_{25} \cdot \text{GEN}_{26} + T_{\text{est}} \cdot (24 \cdot 7 - \text{GEN}_{25})) / (24 \cdot 7)$	Quando le due temperature esterna e di set point standard sono molto vicine, a prescindere dalla costante di tempo dell'edificio, si considera una temperatura di set point media tra quella esterna e quella standard pesata sui tempi di funzionamento nei due regimi.
se $\tau > 3 \cdot \text{GEN}_{29}$ [h] dove con τ si intende la costante di tempo dell'edificio calcolata mese per mese.	$T_{\text{set,m}} = \text{GEN}_{25}$	La costante di tempo dell'edificio è talmente lunga da far sì che la temperatura interna si porti, in regime di intermittenza, ai valori di quella esterna in tempi molto lunghi. Si approssima questa situazione a quella in cui la temperatura interna sia identica a quella del set point standard.
In tutti gli altri casi	$T_{\text{set,m}} = \text{GEN}_{25}$	In ogni altro caso temperatura interna pari a quella di set point standard e si applica al fabbisogno di energia termica dell'involucro un coefficiente correttivo di riduzione (definito dall'equazione 68 della UNI EN ISO 13790:2008), per tener conto della presenza dei due regimi di funzionamento.

- Regime di attenuazione (tipicamente nel ciclo giorno-notte o giorni feriali-giorni festivi). Si utilizza un periodo significativo settimanale sul quale calcolare i periodi di attenuazione o meno. Si è scelto la settimana perché la più indicativa come modularità. Il periodo orario settimanale è quindi di $24 \cdot 7$ ore. Si richiedono i seguenti dati di input.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
GEN_24	Quale regime di funzionamento dell'impianto è presente?	%Scegliere il regime di funzionamento dell'impianto presente. In questo caso, scegliere "Regime di attenuazione"	
GEN_25	Temperatura di set point principale	%Inserire la temperatura di set point principale, per la quale l'impianto lavora in condizioni standard.%	[°C]
GEN_26	Inserisci periodo settimanale di riscaldamento a set point principale	%Come da comando, inserire il numero di ore all'interno della settimana in cui il riscaldamento è a set point principale.%	[h]
GEN_27	Inserisci temperatura di attenuazione	% Inserire temperatura di attenuazione. Se sono presenti più di due regimi di termostatazione, effettuare una scelta.%	[°C]
GEN_28	Inserisci il periodo più corto di spegnimento	% Inserire il periodo più corto all'interno della stagione di riscaldamento in cui l'impianto è in regime di attenuazione. Si raccomanda di considerare le abitudini medie di gestione dell'impianto, non i casi particolari.%	[h]
GEN_29	Inserisci il periodo più lungo di spegnimento	% Inserire il periodo più lungo all'interno della stagione di riscaldamento in cui l'impianto è in regime di attenuazione (tipicamente il fine settimana o il periodo notturno). Si raccomanda di considerare le abitudini medie di gestione dell'impianto, non i casi particolari.%	[h]

La temperatura di set point equivalente in caso di intermittenza è data, in funzione delle condizioni, dalle seguenti espressioni:

Condizione	Espressioni della temperatura di set point equivalente	Fattore correttivo
se $5 \cdot \tau < \text{GEN}_{28}$ [h] dove con τ si intende la costante di tempo dell'edificio calcolata mese per mese.	$T_{\text{set},m} = (\text{GEN}_{25} \cdot \text{GEN}_{26} + \text{GEN}_{27} \cdot (24 \cdot 7 - \text{GEN}_{26})) / (24 \cdot 7)$	La costante di tempo dell'edificio è talmente corta da far sì che la temperatura interna si porti quasi istantaneamente ai valori di quella di attenuazione. Si considera quindi una temperatura di set point media tra quella di attenuazione e quella standard pesata sui tempi di funzionamento nei due regimi.
se $(\text{GEN}_{25} - T_{\text{est}}) < 3$ [K]	$T_{\text{set},m} = (\text{GEN}_{25} \cdot \text{GEN}_{26} + \text{GEN}_{27} \cdot (24 \cdot 7 - \text{GEN}_{26})) / (24 \cdot 7)$	Quando le due temperature di set point (standard e di attenuazione) sono molto vicine, a prescindere dalla costante di tempo dell'edificio, si considera una temperatura di set point media tra le due pesata sui tempi di funzionamento nei due regimi.
se $\tau > 3 \cdot \text{GEN}_{29}$ [h] dove con τ si intende la costante di tempo	$T_{\text{set},m} = \text{GEN}_{25}$	La costante di tempo dell'edificio è talmente lunga da far sì che la temperatura interna si porti, in regime

dell'edificio calcolata mese per mese.		di attenuazione, ai valori di quella attenuata in tempi molto lunghi. Si approssima questa situazione a quella in cui la temperatura interna sia identica a quella del set point standard.
In tutti gli altri casi	$T_{\text{set,m}} = \text{GEN_25}$	In ogni altro caso temperatura interna pari a quella di set point standard e si applica al fabbisogno di energia termica dell'involucro un coefficiente correttivo di riduzione (definito dall'equazione 68 della UNI EN ISO 13790:2008), per tener conto della presenza dei due regimi di funzionamento.

3. Regime di funzionamento continuo. In questo caso si considera che in tutta la stagione di riscaldamento l'impianto lavori in modo continuo e con una termostatazione unica. Si richiedono i seguenti dati di input.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
GEN_24	Quale regime di funzionamento dell'impianto è presente?	%Scegliere il regime di funzionamento dell'impianto presente. In questo caso, scegliere "Regime di funzionamento continuo"	
GEN_25	Temperatura di set point principale	%Inserire la temperatura di set point principale, l'unica in questo caso.%	[°C]
GEN_26	Periodo totale settimanale di riscaldamento	%Inserire il periodo totale settimanale in ore, pari a 168.	[h]
GEN_27	NON COMPILARE		[°C]
GEN_28	NON COMPILARE		[h]
GEN_29	NON COMPILARE		[h]

La temperatura di set point equivalente in caso di regime di funzionamento continuo è equivalente a quella di set point standard.

Calcolo del fattore correttivo

Il fattore correttivo per regimi di intermittenza o di attenuazione indicato sopra è dato dalle seguenti espressioni secondo quanto specificato dalla UNI EN ISO 13790:2008, nel paragrafo 13.2.2.

Per il regime di riscaldamento, il coefficiente di riduzione α_H , è dato da:

$$\alpha_H = 1 - b_H \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \gamma_H (1 - f_H)$$

In cui:

- γ_H è il rapporto tra gli apporti interni e le dispersioni.
- $\tau_{H,0}$ è il valore di riferimento della costante di tempo dell'edificio in caso di riscaldamento. Tale valore numerico è fornito dalla normativa UNI TS 11300-1 ed è pari a 15 ore.

- τ è la costante di tempo dell'edificio calcolata mese per mese in funzione della capacità di ogni componente dell'edificio (capacità areica C_m e area A_m) e dei coefficienti di dispersione per ventilazione e per trasmissione attraverso i componenti, con l'espressione:

$$\tau = \frac{\sum_m^{componenti} C_m A_m / 3600}{H_{tr} + H_{ve}}$$

- f_H è la frazione settimanale data dal rapporto tra il numero di ore settimanali di funzionamento in regime di termostatazione standard (almeno durante il periodo diurno) rispetto al totale delle ore in una settimana. E' quindi un numero compreso tra 0 e 1.
- b_H è il fattore empirico di correlazione che la normativa UNI EN ISO 13790:2008 indica pari a 3.

I coefficienti di riduzione sopra citati possono assumere valori compresi nei seguenti intervalli:

$$f_H < \alpha_H < 1$$

I valori minimi dei coefficienti di riduzione indicano che non si può scendere, nel calcolo del fabbisogno termico per riscaldamento, al di sotto del periodo di termostatazione standard, dato, percentualmente sul periodo settimanale, dai valori f_H .

Ciclo iterativo per la determinazione della temperatura di set point equivalente.

Come si nota dalle condizioni imposte precedentemente, nel calcolo della temperatura di set point equivalente deve essere noto il valore della costante di tempo dell'edificio mese per mese. Si è inoltre ipotizzato di prendere un valore medio della costante di tempo dell'edificio sul periodo minimo di riscaldamento. Tale valore però dipende indirettamente dalla temperatura di set point equivalente tramite i coefficienti di dispersione e, in particolare a causa del calcolo del fattore di utilizzazione di schermature mobili, dal calcolo della ventilazione in condizioni reali.

Anche il calcolo del fattore di correzione nel grafico precedente dipende sia dalla costante di tempo dell'edificio sia dal rapporto apporti/dispersioni.

In entrambi i casi è quindi necessaria una procedura iterativa per il calcolo finale del fabbisogno energetico per riscaldamento.

Si è scelto di effettuare quindi due calcoli in cascata, partendo dalla condizione iniziale di termostatazione a 20°C in regime continuo. Quindi si procede con l'inserimento di tutti i componenti e il calcolo delle dispersioni, dei relativi coefficienti, del rapporto apporti/dispersioni e della costante di tempo dell'edificio. Appena terminato il primo calcolo, si procede con l'avvio del secondo calcolo che attiva la scelta effettuata inizialmente dall'auditor su un eventuale regime di termostatazione o attenuazione. In questo modo si possono utilizzare i valori delle variabili ottenute dal primo calcolo.

Si è preferito non impostare come valore iniziale quello della costante di tempo dell'edificio, poiché molto sensibile e mal determinabile a prescindere dalle informazioni sui componenti.

A livello operativo si è quindi impostato che all'attivazione di un nuovo progetto, il campo GEN_2 abbia valore unitario. Questo implica che i valori delle celle della temperatura di set point equivalente (GEN_31-GEN_42) siano su tutti i mesi di 20°C, pur permettendo all'auditor di inserire il regime veritiero e realistico di funzionamento dell'impianto nelle celle GEN_24-GEN_29. Si procede quindi con l'inserimento di tutte le informazioni sui componenti e con il calcolo del fabbisogno energetico. Infine, nel foglio 'OUTPUT_INV' verranno visualizzati tutti i dati del primo calcolo necessari per il calcolo veritiero della temperatura di set point e del fattore di riduzione per regime non continuo. Nel foglio 'OUTPUT_INV' è presente un tasto "Fine del calcolo" da premere una volta inseriti tutti i dati. In questo modo il valore del campo GEN_2 sarà nullo e non più unitario e verranno aggiornati i campi della temperatura di set point, rendendoli reali (non più forzatamente pari a 20°C). Sempre con questo tasto verrà fatto ripartire il calcolo delle dispersioni e degli apporti e quindi del fabbisogno energetico.

Dispersioni termiche da parte dei componenti opachi per scambio con la volta celeste

Nel bilancio energetico della zona soggetta ad audit sono conteggiate anche le dispersioni per radiazione infrarossa verso la volta celeste da parte dei componenti opachi e finestrati. Per il calcolo dell'extra flusso termico è necessario conoscere la cosiddetta temperatura del cielo (T_{sky}), i fattori di vista tra il componente e la volta celeste dovuti all'inclinazione del componente (F_{sky}), alla presenza di oggetti orizzontali, verticali e ostruzioni all'orizzonte (F_{or} , F_{ver} , F_{hor}), nonché altre variabili ordinarie del componente.

L'equazione utilizzata per il calcolo è quella tratta dalla UNI EN ISO 13790:2008:

$$Q_{sky} [kWh/mese] = F_{sky} F_{or} F_{ver} F_{hor} R_{se} U_c A_c h_r (T_{a,e} - T_{sky}) t$$

dove

- R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente edilizio, corretta in funzione della vera velocità del vento presente nella località e all'altezza rispetto al piano campagna della zona soggetta ad audit e corretta in funzione del vero valore di emmissività della superficie ($\varepsilon=0.9$ per i materiali da costruzione ed $\varepsilon=0.837$ per i vetri senza deposito superficiale).
- U_c è la trasmittanza termica del componente, corretta in funzione della vera velocità del vento presente nella località e all'altezza rispetto al piano campagna della zona soggetta ad audit.
- A_c è l'area del componente.
- t è il tempo di riferimento rispetto al quale si calcola il fabbisogno di energia
- h_r è il coefficiente di scambio termico radiativo, dato da $h_r = 1/2 * \varepsilon \sigma (T_{a,e} + T_{sky})^3$, con l'emissività $\varepsilon=0.9$ per i materiali da costruzione ed $\varepsilon=0.837$ per i vetri senza deposito superficiale e la costante di Stefan-Boltzmann $\sigma = 5.67 * 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$.

Per il calcolo della temperatura del cielo (T_{sky}) si è utilizzato la normativa UNI EN ISO 13791:2005, valida per cielo sereno, che nel par. ff indica la seguente formula, dipendente dalla temperatura dell'aria esterna:

$$T_{sky} = [9.36 * 10^{-6} (T_{a,e})^6]^{1/4}$$

Non si è utilizzato invece l'indicazione riportata nella UNI EN ISO 13790:2008, che indica con 11 gradi Kelvin sono la differenza media tra la temperatura dell'aria esterna e quella del cielo in zone a clima temperato.

Il fattore di vista tra il componente esterno dell'involucro (finestrato o opaco) e il cielo (F_{sky}) si può considerare pari a 1 per superfici orizzontali e a 0.5 per superfici verticali. Non si adotta la stima, prevista dalla UNI EN ISO 13791:2005, che tiene conto del contesto urbano, preferendo invece calcoli più dettagliati e adattati all'utenza che prendono in considerazione la presenza di oggetti e ostacoli.

Nell'implementazione delle equazioni di scambio termico di un componente finestrato con la volta celeste nell'applicativo si è tenuto conto della distribuzione oraria della temperatura esterna sia per il calcolo della differenza di temperatura aria-cieli, sia per l'utilizzo delle chiusure oscuranti, che modifica sia la trasmittanza termica del componente, sia l'emissività dello stesso.

In particolare si è considerato tre possibili casi:

1. Presenza di chiusure oscuranti ad altissima ventilazione (tipo persiane o tende esterne o veneziane esterne). In tal caso la trasmittanza termica del componente finestrato non cambia perché non si considerano resistenze termiche aggiuntive, ma si ipotizza che la volta celeste scambia esclusivamente con la chiusura esterna e che quest'ultima scambia preferenzialmente per convezione con l'aria, data la grande ventilazione, e non scambia radiativamente con la superficie del componente. Si ipotizza che le due superfici esterna del vetro e interna della chiusura siano alla stessa temperatura, pari a quella esterna. La superficie del componente quindi scambia soltanto per convezione con l'aria esterna.

2. Presenza di chiusure oscuranti a bassa/media/alta permeabilità (tipo avvolgibili, portelloni di legno...). In tal caso, nelle ore di utilizzo della chiusura stessa, si avrà una trasmittanza ridotta e una dispersione per scambio con la volta celeste caratterizzata da valori di emissività e trasmittanza propri della chiusura oscurante. Si considera infatti il componente finestra-chiusura come un blocco unico che scambia con il cielo. Nel caso invece di non utilizzo della chiusura oscurante, sarà direttamente la superficie vetrata, caratterizzata da valori di emissività e trasmittanza propri della superficie vetrata, a scambiare con l'aria esterna e con la volta celeste.
3. Assenza di chiusure oscuranti. In tal caso la trasmittanza termica del componente non considera chiaramente alcuna resistenza aggiuntiva dovuta alla chiusura oscurante e la volta celeste scambia direttamente con la superficie vetrata caratterizzata da valori di emissività e trasmittanza propri della superficie vetrata.

Si riporta quindi la formula di scambio termico con la volta celeste implementata nel foglio di calcolo, mese per mese:

$$Q_{sky} \left[\frac{kWh}{mese} \right] = \frac{31}{1000} \sum_{i=1}^{12} tipo * P_i Q(\varepsilon = 0.9, U = U_{chius})_i + (1 - P_i) Q(\varepsilon = 0.837, U = U_{vetr})_i$$

La sommatoria viene effettuata su 12 periodi di 2 ore ciascuno, periodo nel quale è richiesto all'utente nel foglio "PROFILO" di specificare l'utilizzo o meno della chiusura oscurante.

Nell'equazione, P_i è il fattore di utilizzo della chiusura. Vale 0 se non viene utilizzata la chiusura oscurante. Vale 1 se viene utilizzata la chiusura su tutte le due ore. Ha valori intermedi per utilizzi intermedi.

Nell'equazione *tipo* indica la tipologia di chiusura oscurante presente. Se si hanno chiusure oscuranti assenti o ad altissima ventilazione, allora *tipo* ha valore nullo: anche quando vengono utilizzate le chiusure ($P_i = 1$), lo scambio con la volta celeste è nullo perché la chiusura scambia con il cielo ma non con la superficie finestrata.

Lo scambio termico Q_i va calcolato ogni due ore perché ha, al suo interno, il calcolo orario della differenza di temperatura aria-cielo. In ogni sua variabile (resistenza liminare esterna e coefficiente radiativo) viene adottato il valore di emissività caratteristico.

Foglio di lavoro “PROFILO”

Questo foglio di calcolo richiede l’inserimento delle caratteristiche di utilizzo dell’edificio da parte dell’utenza ed è quello che maggiormente differenzia la procedura di certificazione energetica da quella di diagnosi. I dati qui richiesti sono piuttosto specifici e talvolta difficili da reperire (quasi sempre da intervista alla committenza), ma molto importanti ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria. Si sottolinea l’importanza di una compilazione di questo foglio il più possibile vicina alla realtà, fatto poi verificato dal confronto con i dati di fatturazione energetica. In questo caso la colonna del “Grado di incertezza del dato” può essere di notevole aiuto: utilizzando le opzioni “Incerto” e “Molto incerto” , infatti, si ha immediatamente visione dei dati che possono essere richiesti in maggior dettaglio alla committenza per effettuare un tuning sui risultati.

In particolare le quattro aree tematiche interessate dai dati qui richiesti sono la ventilazione della zona da parte dell’utenza, il criterio (e l’orario) di accensione dell’impianto di riscaldamento, l’occupazione da parte dell’utenza della zona e l’utilizzo delle chiusure schermanti.

La scala temporale dei dati richiesti è bioraria nel giorno medio mensile (per la ventilazione manuale e per l’utilizzo delle chiusure schermanti) e bioraria suddivisa tra giorno medio annuale feriale e festivo per la presenza degli utenti. Invece per il criterio e il numero di giorni di accensione dell’impianto si adotta una frazione dell’intero mese (ma si rimanda al paragrafo di approfondimento). Si considera questo un accettabile compromesso tra un eccessivo numero di dati richiesti al REDE per la diagnosi e allo stesso tempo un buon dettaglio per la simulazione anche di condizioni diverse dallo standard e una buona flessibilità del metodo.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
PRO_1	Attività delle persone	%Scegliere l’attività delle persone per determinarne l’apporto interno di calore.%	[-]
PRO_2	Accensione dell’impianto di riscaldamento		
PRO_3	Criterio di accensione dell’impianto	%Scegliere il criterio di accensione dell’impianto: se esso segue il periodo dettato dalla normativa in funzione della zona termica, se invece segue il criterio di accensione reale (dettato dalla normativa UNI EN ISO 13790 par 7.4.1.1, richiamata nella revisione della UNI TS 11300 par 10.1, se infine l’utente invece attiva l’impianto secondo tempi personali e caratteristici.%	
PRO_4	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, come risultato intermedio della scelta del criterio di accensione dell’impianto, il periodo di accensione dello stesso espresso come frazione unitaria del mese. Queste celle sono compilate soltanto se l’impianto viene acceso secondo normativa. Per ogni delucidazione andare al paragrafo di approfondimento “Determinazione della stagione di riscaldamento”%	[-]
...	...		[-]
PRO_15	Dicembre		[-]
PRO_16	INSERISCI PERCENTUALI MENSILI DI ACCENSIONE/NO N COMPILARE	%Questo campo riporta il comando “Inserisci percentuali mensili di accensione” soltanto se al campo PRO_3 si è scelto l’accensione definita dall’utente. Altrimenti i campi successivi non vanno compilati. Per ogni delucidazione andare al paragrafo di approfondimento “Determinazione della stagione di riscaldamento”%	
PRO_17	Gennaio		[-]

...	%Inserire, mese per mese, la percentuale dei giorni in cui l'impianto è acceso sul totale dei giorni mensili.%	[-]
PRO_28	Dicembre		[-]
PRO_29	Schedule settimanale presenze	%Come detto, la sezione della schedule delle presenze degli utenti è stata suddivisa in giorno medio annuale feriale e giorno medio annuale festivo.%	
PRO_30	Giorni feriali		
PRO_31	ore 0.00-02.00	%Inserire, ogni due ore, il numero di persone presenti nella zona soggetta ad audit in quelle due ore. Se le persone sono presenti per un periodo inferiore alle due ore, inserire un numero decimale (ad esempio per 3 persone presenti una sola ora, inserire 1.5).%	[-]
...	...		[-]
PRO_42	ore 22.00-00.00		[-]
PRO_43	Numero persone medio	%Questa cella riporta la media sui periodi biorari del numero di persone presenti. Questo valore è utilizzato per il calcolo degli apporti interni %	[-]
PRO_44	Numero persone medio nelle ore di luce	%Questa cella riporta la media, sui periodi biorari in cui può essere presente l'illuminazione esterna, del numero di persone presenti. In particolare l'intervallo di luce è stato considerato dalle 6.00 alle 20.00. Questo valore è utilizzato nel calcolo del fattore di daylight per il fabbisogno energetico per illuminazione.%	[-]
PRO_45	Presenza media nelle ore di luce	%Questa cella riporta la presenza media delle persone rispetto al massimo possibile, nelle ore in cui può essere presente l'illuminazione esterna (considerate come sopra). Tale valore è ottenuto dividendo il valore del campo PRO_45 per il massimo valore tra i campi PRO_32 e PRO_43. Questo valore è utilizzato nel calcolo del fattore di daylight per il fabbisogno energetico per illuminazione%	[%]
PRO_46	Giorni festivi		
PRO_47	ore 0.00-02.00	%Inserire, ogni due ore, il numero di persone presenti nella zona soggetta ad audit in quelle due ore. Se le persone sono presenti per un periodo inferiore alle due ore, inserire un numero decimale (ad esempio per 3 persone presenti una sola ora, inserire 1.5).%	[-]
...	...		[-]
PRO_58	ore 22.00-00.00		[-]
PRO_59	Numero persone medio	%Questa cella riporta la media sui periodi biorari del numero di persone presenti. Questo valore è utilizzato per il calcolo degli apporti interni.%	[-]
PRO_60	Numero persone medio nelle ore di luce	%Questa cella riporta la media, sui periodi biorari in cui può essere presente l'illuminazione esterna, del numero di persone presenti. In particolare l'intervallo di luce è stato considerato dalle 6.00 alle 20.00. . Questo valore è utilizzato nel calcolo del fattore di daylight per il fabbisogno energetico per illuminazione %	[-]
PRO_61	Presenza media nelle ore di luce	%Questa cella riporta la presenza media delle persone rispetto al massimo possibile, nelle ore in cui può essere presente l'illuminazione esterna (considerate come sopra). Tale valore è ottenuto dividendo il valore del campo PRO_45 per il massimo valore tra i campi PRO_32 e PRO_43. . Questo valore è utilizzato nel calcolo del fattore di daylight per il fabbisogno energetico	[%]

		per illuminazione%	
PRO_62	Giorni mensili di spegnimento impianti termici (riscaldamento e/o ACS)		
PRO_63	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il numero di giorni (feriali o festivi) in cui l'impianto termico a servizio della zona soggetta ad audit è spento (giorni di vacanza/ferie in cui si disattiva l'impianto). Non vanno compresi i giorni di attenuazione o intermittenza. Questo valore è utilizzato per il calcolo degli apporti interni, per il calcolo del fabbisogno energetico per illuminazione e per il calcolo delle ore equivalenti di funzionamento dell'impianto termico.%	[giorni]
...	...		[giorni]
PRO_74	Dicembre		[giorni]
PRO_75	Schedule chiusure oscuranti		
PRO_76	Gennaio		
PRO_77	ore 0.00-02.00	% Inserire, ogni due ore, la percentuale di utilizzo delle chiusure oscuranti in quelle due ore del giorno medio di gennaio. Se la chiusura oscurante è chiusa per tutte le due ore e per tutti i serramenti, inserire 1. Se la chiusura oscurante è aperta (non utilizzata) per tutte le due ore e su tutti i serramenti, inserire 0. Un valore intermedio tra 0 e 1 dato dal prodotto dei due fattori (numero finestre rispetto al totale delle finestre e numero di ore rispetto alle due ore) per situazioni intermedie.%	[-]
....	...		[-]
PRO_88	ore 22.00-00.00		[-]
PRO_89	Valore medio nelle ore di luce	%Questa cella riporta il valore medio sulle ore di luce (differenziate da mese a mese) dell'utilizzo della chiusura oscurante. Tale informazione viene utilizzata per il calcolo degli apporti solari: infatti se le chiusure oscuranti sono chiuse nelle ore di luce è analogo ad avere un fattore di riduzione degli apporti solari per schermature mobili unitario e quindi significa che non vi saranno apporti solari in ingresso nella zona. Questa cella viene infatti utilizzata per il calcolo dei campi da FIN_61 a FIN_72.%	[-]
PRO_90	Febbraio	%Stesso procedimento di inserimento dei dati per tutti i mesi dell'anno%	
PRO_230	Dicembre	%Stesso procedimento di inserimento dei dati per tutti i mesi dell'anno%	
PRO_244	Calcolo fattore di utilizzo delle chiusure oscuranti (f_{shut})		
PRO_245	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, la frazione adimensionale di utilizzo della chiusura oscurante (o fattore di utilizzo delle chiusure oscuranti) pesata in funzione della differenza di temperatura tra esterno ed interno che si ha nell'intervallo biorario del giorno medio mensile considerato. L'espressione con cui si è calcolato tale fattore è la seguente:	[-]
...	...		[-]
PRO_257	Dicembre		[-]

		$f_{shut,m} = \frac{\sum_i^{12} Uso_{ch,i}(T_{int,i} - T_{est,i})}{\sum_i^{12}(T_{int,i} - T_{est,i})}$ <p>Dove $Uso_{ch,i}$ è l'utilizzo della chiusura oscurante, dato da tutti i valori inseriti nei campi da PRO_78 fino a PRO_231. Per determinare la temperatura esterna nell'intervallo biorario si utilizzano le distribuzioni di temperatura date dalla normativa UNI TS 11300/4 in funzione del campo GEN_83. Se questo fattore si avvicina ad 1 significa che la chiusura oscurante viene usata molto e specialmente nei periodi in cui la temperatura esterna è bassa.%</p>	
PRO_257	Schedule apertura infissi per ventilazione		
PRO_258	Gennaio		
PRO_259	ore 0.00-02.00	% Inserire, ogni due ore, il numero di ore in cui l'utenza effettua la ventilazione manuale dei locali rispetto alle due ore del giorno medio di gennaio e rispetto a tutti i serramenti presenti. Se viene effettuata ventilazione per tutte le due ore su tutti i serramenti, inserire 1. Se non viene mai aperta alcuna finestra per tutte le due ore inserire 0. Un valore intermedio tra 0 e 1 dato dal prodotto dei due fattori (numero finestre rispetto al totale delle finestre e numero di ore rispetto alle due ore) per situazioni intermedie. %	[-]
....	...		[-]
PRO_270	ore 22.00-00.00		[-]
PRO_271	Valore medio	%Questa cella riporta il valore medio sulle ore di luce (differenziate da mese a mese) dell'utilizzo della chiusura oscurante. Tale informazione viene utilizzata per il calcolo degli apporti solari: infatti se le chiusure oscuranti sono chiuse nelle ore di luce significa che non vi saranno apporti solari in ingresso nella zona.%	[-]
PRO_272	Febbraio	%Stesso procedimento di inserimento dei dati per tutti i mesi dell'anno%	
PRO_412	Dicembre	%Stesso procedimento di inserimento dei dati per tutti i mesi dell'anno%	
PRO_426	Profilo medio della presenza degli utenti		
PRO_427	Gennaio	%Questa celle riportano, mese per mese, il numero di persone presenti. Questo valore è utilizzato per il fabbisogno energetico per illuminazione.%	[person e/mese]
....	...		[person e/mese]
PRO_438	Dicembre		[person e/mese]
PRO_439	Presenza media annuale	%Questa cella riportano la media annuale del numero di persone presenti. Questo valore è utilizzato per il fabbisogno energetico per illuminazione.%	[person e/anno]
PRO_440	Profilo di utilizzo mensile		
PRO_441	Numero medio di giorni di assenza		

	dalla zona (non utilizzo delle apparecchiature elettriche, assenza degli apporti gratuiti ecc..)		
PRO_442	Gennaio	%Inserire mese per mese il numero di giorni in cui la zona non è occupata, ovvero di non utilizzo della zona, ovvero in cui non sono presenti apporti interni o carichi elettrici o altro. Questo valore è utilizzato per il calcolo degli apporti interni e per il calcolo del fabbisogno energetico per illuminazione. %	[giorni]
...	...		[giorni]
PRO_453	Dicembre		[giorni]

Determinazione della stagione di riscaldamento

La durata della stagione di riscaldamento può essere impostata secondo tre possibilità:

1. Stagione di riscaldamento definita dall'utente: semplicemente l'auditor inserisce nelle celle PRO_17-PRO_29 nel foglio 'PROFILO', una frazione di mese in cui l'impianto è predisposto al funzionamento. Si precisa che tali frazioni possono essere minori di uno soltanto per i mesi di inizio e fine periodo. Ovvero, se si ha un periodo di vacanza interno alla stagione di riscaldamento, questo rientra nel regime di intermittenza. La durata del periodo però è del tutto arbitraria. Ad esempio, nel caso di una seconda casa in montagna occupata soltanto da metà gennaio a metà febbraio, si imposteranno i valori nulli tutto l'anno eccetto 0.5 in gennaio e 0.5 in febbraio. All'interno di questo periodo si potranno avere regimi di intermittenza (giorni feriali di assenza e giorni festivi di presenza) o di attenuazione. Se invece la casa viene occupata anche per un breve periodo a fine marzo, comunque la stagione di riscaldamento dura fino a quel periodo, impostando il mese da metà febbraio a metà marzo come periodo di intermittenza. Non si possono quindi avere due stagioni di riscaldamento. L'errore che si compie effettuando questa scelta, sebbene la più adattata all'utenza e quindi realistica, è quello di considerare le variabili climatiche (temperatura esterna e irraggiamento), che sono calcolate il 15 di ogni mese, come applicabili a tutto il mese, anche nel caso in cui l'auditor definisca una stagione di riscaldamento che implica frazioni di mese.
2. Stagione di riscaldamento definita dalla normativa 412/93. Tale scelta è funzione della zona climatica in cui è ubicato l'edificio soggetto ad audit, secondo il seguente schema.

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

Per la frazione di mese di inizio e fine stagione si è proceduto ad una interpolazione dei valori delle variabili climatiche (temperatura esterna e irraggiamento) misurate invece il 15 di ogni mese, per ottenere tali variabili medie sulla frazione di mese di interesse.

3. Stagione di riscaldamento realistica, in cui il giorno di inizio e fine dipendono da quando si bilanciano gli apporti interni e le dispersioni. Tale scelta riflette il modo di utilizzo più strettamente collegato all'effettivo fabbisogno e alle effettive caratteristiche dell'edificio. Secondo la normativa UNI/TS 11300-1 il primo giorno della stagione di riscaldamento è quello in cui il rapporto apporti/dispersioni dell'edificio eguaglia il rapporto limite, ovvero quello corrispondente ad un fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti tendente ad 1, la cui espressione si riporta qui sotto:

$$\gamma_{lim,H} = \frac{a_H + 1}{a_H}$$

Per tutti i $\gamma_H < \gamma_{lim,H}$ siamo nella stagione di riscaldamento.

Nell'applicativo questa opzione è stata implementata adottando alcune procedure semplificative.

Per non effettuare la verifica giornaliera sul gamma limite al fine di individuare il giorno di inizio e il giorno di fine periodo, si è semplicemente effettuato il bilancio energetico dell'edificio. Appena il bilancio finale cambia segno, ovvero passa da un numero negativo a positivo o viceversa, vuol dire che quei due mesi sono i mesi di passaggio. Si specifica che per comodità si è considerato il primo mese in cui si ha cambio di segno come fabbisogno nullo.

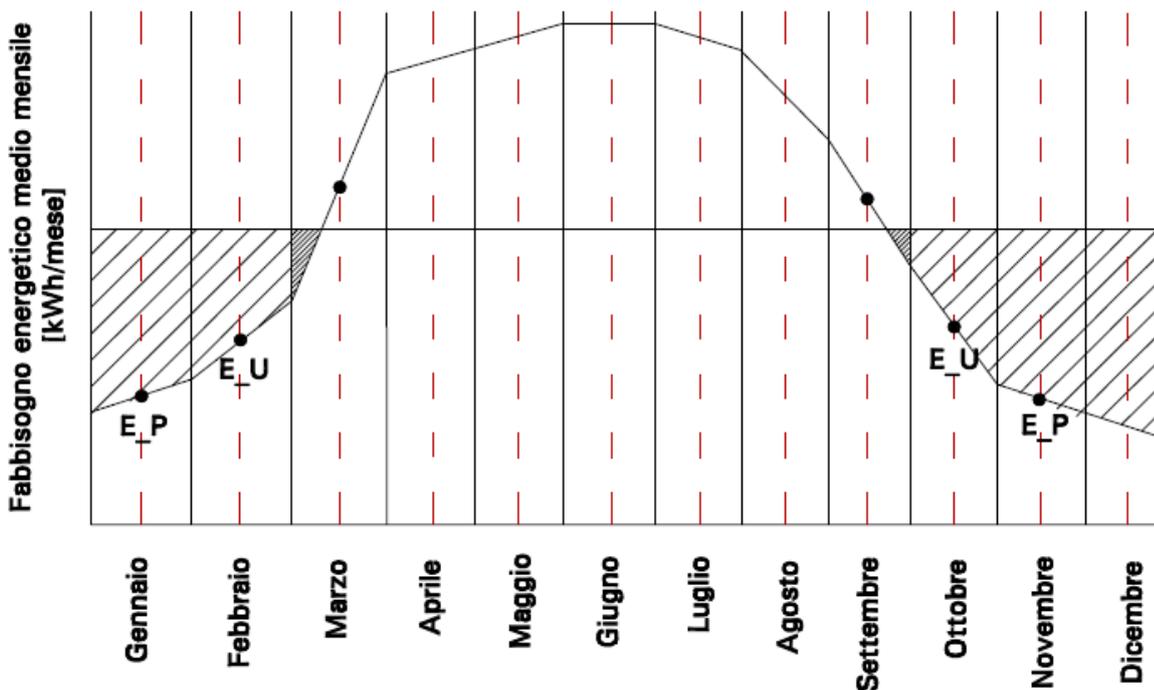
Possono però verificarsi degli errori dovuti al fatto che non viene tenuto conto delle frazioni di mese riscaldate, ovvero si considera che la stagione di riscaldamento termini precisamente il 30 o il 31 dell'ultimo mese con fabbisogno negativo. In particolare si possono avere delle combinazioni in

ingresso e in uscita dal periodo di riscaldamento di due casi base. Come si vede, anche graficamente, questi due errori vanno entrambi a ridurre il fabbisogno energetico del calcolo rispetto al caso reale.

Si riportano per maggiore chiarezza due grafici esplicativi di due possibili combinazioni di modalità di ingresso e uscita dal periodo di riscaldamento. I casi base sono qui descritti:

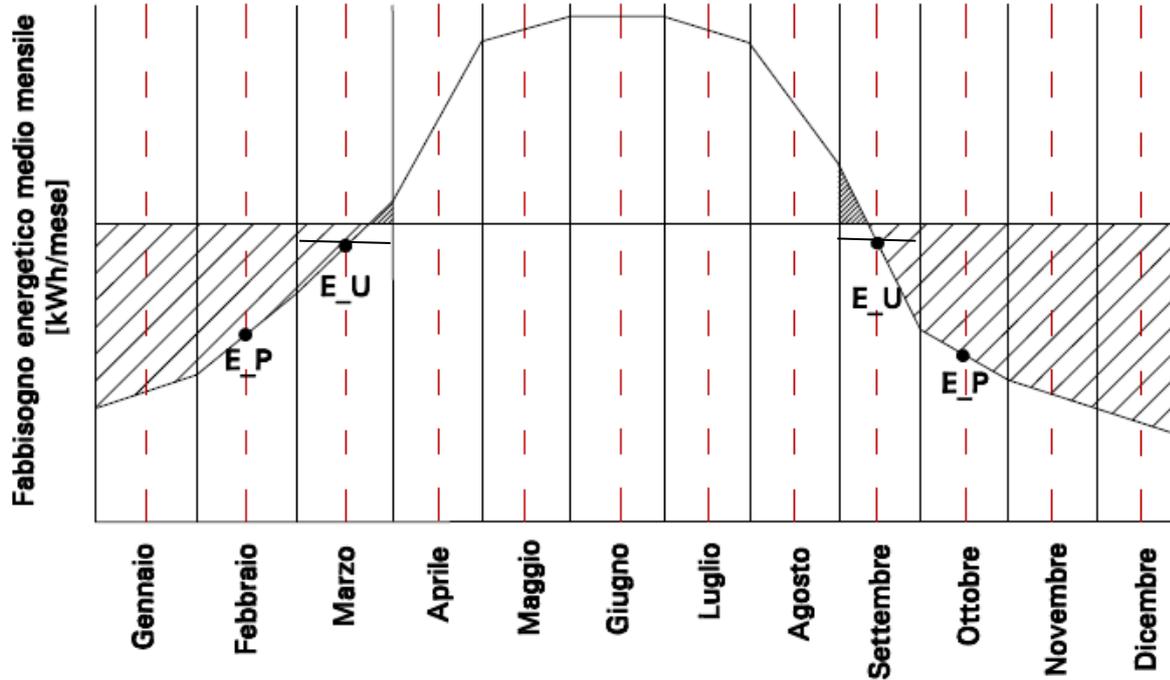
1. Stagione di riscaldamento che termina entro la prima quindicina del primo mese globalmente nullo o che inizia dopo la prima quindicina dell'ultimo mese globalmente nullo. Graficamente i mesi nulli sono marzo in uscita e settembre in ingresso nel periodo di riscaldamento, come si vede dal fatto che il 15 del mese (indicato con un cerchio nero) risulta un fabbisogno positivo. La frazione del mese di marzo in cui ancora si ha riscaldamento andrebbe considerata nel conteggio, anche se il mese è globalmente non riscaldato. La frazione del mese di settembre in cui ancora si ha riscaldamento andrebbe considerata nel conteggio, anche se il mese è globalmente non riscaldato.

Fine della stagione di riscaldamento nei primi 15 del mese. Inizio della stagione di riscaldamento negli ultimi 15 giorni del mese.



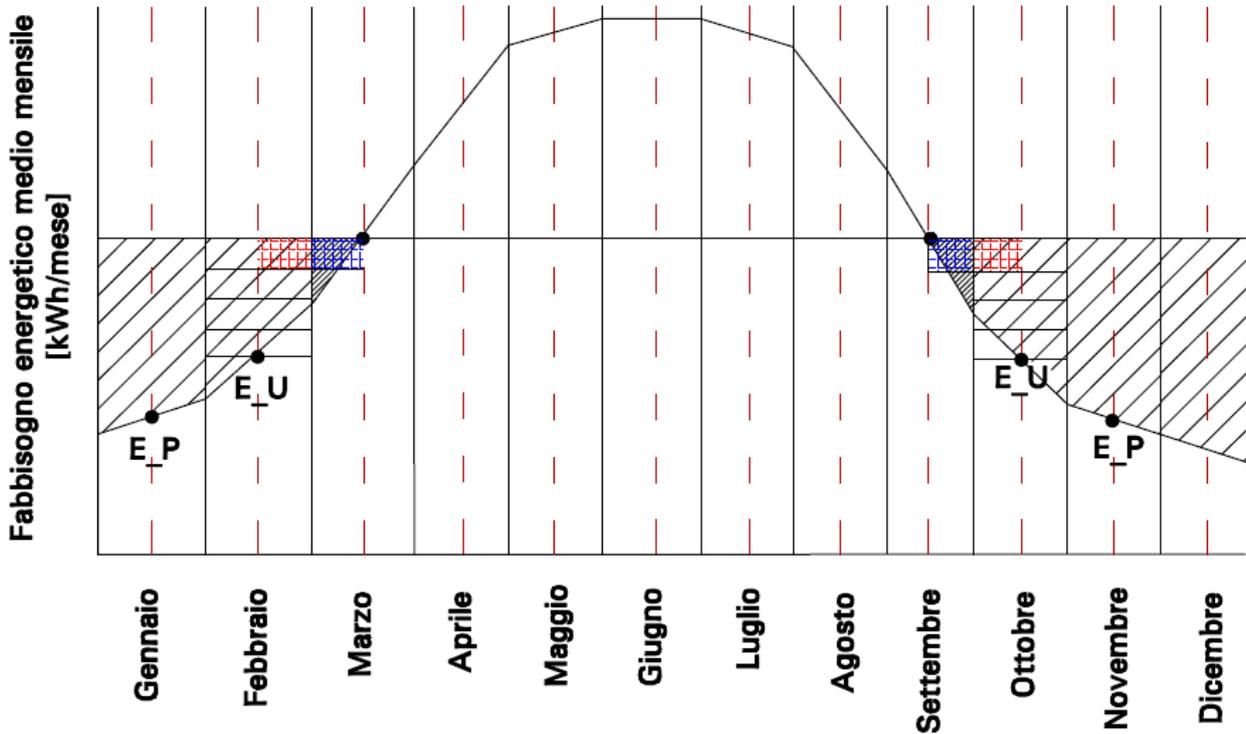
2. Stagione di riscaldamento che inizia dopo la prima quindicina del primo mese globalmente nullo o che termina entro la prima quindicina dell'ultimo mese globalmente nullo. Graficamente i mesi nulli sono marzo in uscita e settembre in ingresso nel periodo di riscaldamento, come si vede dal fatto che il 15 del mese (indicato con un cerchio nero) risulta un fabbisogno positivo. La frazione del mese di marzo in cui non si ha più riscaldamento andrebbe considerata nel conteggio e invece non solo non lo è, ma va a ridurre il fabbisogno complessivo, conteggiando, nel totale negativo, una quota positiva. Risulta quindi un fabbisogno a marzo più basso dell'effettivo (si consideri nella figura la differenza tra l'integrale della curva e il rettangolo individuato dal fabbisogno medio mensile). La frazione del mese di settembre in cui ancora non si ha riscaldamento andrebbe considerata nel conteggio di settembre, e invece, anche in questo caso, essa va a ridurre il fabbisogno per riscaldamento complessivo (anche qui si noti la differenza tra l'area del triangolo e quella del rettangolo formato dal fabbisogno medio mensile).

Fine della stagione di riscaldamento negli ultimi 15 del mese. Inizio della stagione di riscaldamento nei primi 15 giorni del mese.



Si è quindi individuato nel quindicesimo giorno quello che determina il massimo errore sulla stima del fabbisogno nei mesi di passaggio, e si è stimato (come si vede in figura) tale errore come un ottavo del fabbisogno dell'ultimo mese negativo (indicato con E_U).

Condizione e stima del massimo errore: fine/inizio periodo a metà mese.



Nell'applicativo si è quindi calcolato, in ipotesi di linearità dei valori di fabbisogno energetico, la retta passante dai valori degli ultimi due mesi globalmente negativi e di interpolare fino a trovare la coordinata dell'ultimo giorno di riscaldamento (o del primo giorno, in caso di ingresso nel periodo). Quindi di interpolare il valore del fabbisogno energetico fino al giorno di fine/inizio riscaldamento, appena trovato. Le equazioni della retta del fabbisogno (indicata con y), del giorno di fine/inizio riscaldamento (indicato con x_{risc}) e della maggiorazione del fabbisogno energetico (indicata con ΔE) sono rispettivamente le seguenti:

$$y = E_P + \frac{E_U - E_P}{30} x$$

$$x_{risc} = \frac{|E_P| * 30}{|E_U - E_P|}$$

Con $30 < x_{risc} < 60$

$$\Delta E = \left(\frac{x_{risc} - 45}{30} \right) \frac{1}{4} |3 * E_U - E_P|$$

I casi limite si hanno quando l'equazione della curva del fabbisogno determina un giorno di inizio/fine periodo escluso dal mese di passaggio, ovvero incluso nell'ultimo mese complessivamente positivo o appartenente al mese ancora successivo a quello di passaggio. Questa condizione è indicata con un limite sul giorno di riscaldamento compreso tra 30 e 60 giorni conteggiati a partire dal 15 del penultimo mese negativo (E_P). Tale situazione rispecchia una non linearità della curva e quindi una non applicabilità della semplificazione adottata. Tuttavia si considera, in questi casi una maggiorazione del fabbisogno energetico totale annuale pari all'errore massimo, ovvero pari a un ottavo dell'ultimo mese di riscaldamento e un ottavo del primo mese di riscaldamento. Si ricorda che il segno della maggiorazione deve essere concorde con quello del fabbisogno.

Foglio di lavoro "INPUT ACS"

Con questo foglio di calcolo è possibile stimare i volumi di acqua calda sanitaria usati nel locale, il fabbisogno energetico richiesto per tale scopo. La Normativa di riferimento per il calcolo del fabbisogno energetico richiesto per il riscaldamento del volume mensile di acqua calda stimato è la UNI TS 11300 – 2:2011. Inoltre si è fatto riferimento, per la stima del volume di acqua calda usata mensilmente nel locale, ad alcune ricerche condotte in tal senso, che hanno evidenziato come sia più preciso stimare le richieste di ACS, in ambito residenziale, in base al numero di occupanti l’abitazione, e non in base alla superficie utile del locale in analisi (come invece previsto dalla Normativa UNI TS 11300 – 2). Tra questi studi, si ricorda, a titolo esemplificativo, la ricerca “Estimates of hot water consumption from the 1998 EFUS”, condotta dal Building Research Establishment. È stata comunque lasciata l’opportunità all’auditor di scegliere in base a quale parametro effettuare la stima. È stata considerata inoltre la possibilità che parte dell’acqua calda usata in alcuni tipici elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie), potesse provenire dallo sfruttamento di un pannello solare. Al momento sono infatti presenti sul mercato elettrodomestici che, invece di riscaldare l’acqua attraverso l’utilizzo di resistenze elettriche, presentano un ingresso per immettere direttamente acqua già riscaldata. Di conseguenza viene chiesto all’auditor di stimare quale sia l’uso medio di tali elettrodomestici medio mensile; i consumi, in termini di litri/mese, sono stati valutati usando dati medi di consumo per questi elettrodomestici (es. <http://www.nucleosolare.com/soluzioni/riconversione-energetica/112.html> oppure <http://www.retelilliput.org/versilia/docs/MicroguidaAcqua.pdf>).

In questo foglio vengono stimati i consumi di acqua calda per usi sanitari e per elettrodomestici nel locale in analisi.

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
IACS_12_23	Uso lavatrice medio mensile giornaliero	%Da intervista all’utenza, l’auditor dovrà inserire in queste caselle il numero di cicli al giorno di utilizzo della lavatrice. Possono anche essere inseriti valori decimali (es. se l’utenza stima due lavatrici alla settimana, inserire =2/7)	[cicli/giorno]
IACS_25_26	Uso lavastoviglie medio mensile giornaliero	%In queste caselle l’auditor inserirà la stima, valutata da intervista all’utenza, del numero di cicli giornalieri per ogni mese.	[cicli/giorno]
IACS:38_49	Stima acqua calda necessaria mensilmente per elettrodomestici	%In questa sezione viene automaticamente calcolato il numero di litri necessari mensilmente per soddisfare la richiesta di acqua calda per elettrodomestici. Sono stati ipotizzati consumi di 20 litri/ciclo per lavastoviglie e 100 litri/ciclo per lavatrici (dato riportato nella sitografia sopra indicata). Tale quantità può essere decurtata da quella complessiva nel caso in cui provenga da pannello solare termico.	[litri/mese]
IACS:50	AGGIORNA	%Premendo questo tasto, verranno visualizzate solamente le caselle che l’auditor dovrà compilare per la stima dei consumi di ACS. Sono presenti 3 possibilità: - nel caso in cui, nella casella B8 si sia risposto di conoscere i volumi di ACS richiesti, il programma lascerà visibili solamente le caselle per l’inserimento mensile del numero di litri richiesto; - Nel caso in cui nella casella B8 si sia indicato di non conoscere il volume mensile richiesto per ACS, e nel caso di tipo di edificio residenziale, il programma prevede la stima del fabbisogno di ACS o tramite la superficie utile dell’abitazione o tramite il numero di occupanti; di conseguenza saranno visualizzate solamente tali caselle;	[-]

		- Nel caso in cui nella casella B8 si sia indicato di non conoscere il volume mensile richiesto per ACS, e nel caso di tipo di edificio terziario, il programma effettuerà una stima del fabbisogno di ACS in base al servizio offerto e ad alcune caratteristiche riportate (es. in caso di hotel, secondo la Normativa UNI TS 11300 – 2, il volume di ACS stimato dipende dal numero di letti presenti).	
IACS_64	Si preferisce la stima tramite la superficie utile oppure quella tramite numero di occupanti?	%Questa casella risulta visibile solamente nel caso in cui non si conoscano i volumi richiesti di ACS mensilmente in un edificio di tipo residenziale. Secondo la Normativa UNI TS 11300 – 2, la stima dei consumi deve essere fatta usando relazioni lineari riportate che usano come variabile la superficie utile dell'abitazione. Tuttavia questa stima non tiene conto del fatto che potrebbero essere analizzate abitazioni con una superficie utile molto estese ma occupate da una o due persone: la superficie risulta sovradimensionata rispetto all'effettivo numero di occupanti. In tal caso, utilizzando il criterio descritto nella Normativa di riferimento, i consumi di ACS risulterebbero notevolmente sovrastimati. È stato quindi inserita anche la possibilità di utilizzare come criterio il numero di occupanti. Le principali ricerche condotte in proposito hanno evidenziato come mediamente ogni persona, in ambito domestico, consumi quotidianamente circa 50 litri di ACS. Viene quindi lasciata all'auditor la possibilità di decidere quale dei due criteri utilizzare per dare dei risultati più realistici possibile. Se viene scelto il criterio che usa la superficie utile, si devono considerare solo le caselle IACS_66:82, lasciando non compilate le successive IACS_83:109 Viceversa, nel caso in cui si usi il criterio con il numero degli occupanti, si compilino le caselle IACS_83:109 lasciando non compilate le precedenti IACS_66:82.	[-]
IACS_96	Stima richiesta ACS pro capite al giorno	%Inserire di default il valore di 50 litri al giorno pro capite. Tale valore può essere modificato successivamente, nel momento in cui si verifichi che la stima di ACS fornita dal programma non coincide con i dati di consumo effettivi ricavabili dall'analisi delle bollette.	[litri/(pro capite al giorno)]
IACS_97:109	Stima mensile della richiesta di ACS	%In questa sezione vengono riportati i consumi stimati di ACS al mese. Il programma prende in automatico i dati corretti a seconda che l'audit sia realizzato su un locale ad uso domestico o ad uso terziario. Nel caso in cui l'edificio sottoposto ad analisi sia di tipo domestico, a seconda della scelta dell'auditor verrà usata la stima in base alla superficie dell'abitazione o al numero medio mensile di occupanti. È importante comunque confrontare questi risultati con i consumi reali deducibili dalle fatture di fornitura di acqua. A tal proposito, l'auditor tenga conto che i consumi per ACS rappresentano generalmente un quarto dei consumi di acqua per uso domestico: secondo alcuni studi (si veda ad esempio il rapporto ISTAT "Giornata Mondiale dell'acqua 2011 – Le statistiche dell'ISTAT", http://www3.istat.it/salastampa/comunicati/non_calendario/20110321_00/testointegrale20110321.pdf) in media il consumo pro capite di acqua per uso domestico è di circa 190 litri al giorno. Di conseguenza per una persona effettivamente risultano validi i consumi di acqua calda sanitaria di circa 50 litri al giorno. Nel caso in cui si trovino risultati stimati notevolmente diversi rispetto a quelli deducibili a partire dai consumi effettivi, può risultare utile tenere conto delle	[litri/mese]

		<p>tabelle riportate in Appendice E ed F della Normativa UNI 9182: 2010, secondo la quale i consumi di acqua calda sanitaria sono diversi a seconda del tenore di vita dell'utenza. In particolare, in caso di incoerenza tra le stime ed i consumi effettivi, si può procedere in due modi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si possono usare i consumi riportati in Appendice E a seconda della tipologia di abitazione: in particolare si deve adottare il valore di 40-50 litri/(procapite al giorno) per abitazioni di tipo popolare, di 70-80 litri/(procapite al giorno) per abitazioni di tipo medio e di 150-200 litri/(procapite al giorno) per abitazioni di tipo lussuoso. Tale valore va sostituito nella casella IACS_96, al posto dei 50 litri/(procapite al giorno) inseriti come valore di default. - Si possono usare i fattori di moltiplicazione del fabbisogno di ACS riportati in tabella F.5. Questi fattori vanno inseriti nella sezione relativa al numero medio di occupanti. Il prospetto prevede i seguenti fattori moltiplicativi: 0.8 per tenore di vita basso, 0.9 per tenore di vita modesto, 1.0 per tenore di vita normale, 1.1 per tenore di vita buono e 1.2 per tenore di vita elevato. A titolo esemplificativo, si pensi di fare l'audit di un edificio occupato da due utilizzatori con tenore di vita buono. Facendo una prima stima dei consumi, nelle caselle IACS:84_95 andrà riportato per ogni mese il numero "2". Se si verifica un'incongruenza dei consumi, si può tentare di migliorare la stima inserendo, al posto del valore 2, il valore "2.2" (cioè =2*1.1). In questo caso può essere lasciato il valore di 50 litri/(procapite al giorno) nella casella IACS_96. 	
<p>ACS_111 :IACS_15 5</p>	<p>Servizi presenti nell'edificio</p>	<p>%In questa sezione, visibile solamente in caso di edificio ad uso terziario del quale non si conoscono i consumi di ACS, il fabbisogno di ACS vengono stimati in base al tipo ed alle caratteristiche dei servizi presenti nell'edificio. Sono presenti le categorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dormitorio, residence e B&B; - Hotel 1 o 2 stelle; - Hotel 3 stelle e oltre; - Ristoranti e caffetterie; - Catering, self service, bar; - Servizio lavanderia; - Centri benessere; - Spogliatoi di stabilimenti; - Uffici; - Attività sportive e palestre; - Esercizi Commerciali, con e senza servizi igienici; - Scuole; - Scuole materne e asili nido. <p>Per ogni categoria, l'auditor dovrà compilare la relativa sezione, che si compone di due caselle modificabili ed una di volume di ACS stimato per quella tipologia di servizi. L'auditor dovrà scegliere, nella casella riportata accanto al tipo di servizio, l'opzione "Si" o "No" dall'apposito menù a tendina a seconda che sia presente o meno quella tipologia di servizio. Solo per le categorie presenti nell'edificio in analisi, l'auditor dovrà segnare anche il valore caratteristico che fornisce la stima di ACS, richiesto nella casella sottostante. Nel programma è presente un</p>	

		<p>database che calcola il volume di ACS in base alle opzioni fornite. A titolo esemplificativo, si supponga di analizzare un edificio adibito ad hotel 4 stelle, con 50 camere (complessivamente 130 posti letto), dotato anche di un ristorante (50 coperti) e bar – caffetteria (50 coperti), un servizio lavanderia (per le esigenze al massimo di 70 clienti), un centro benessere (2 ospiti mediamente al giorno) ed un centro fitness (2 ospiti mediamente al giorno). L’auditor dovrà quindi inserire l’opzione “Si” accanto ai servizi Hotel 3 stelle e oltre; Ristoranti e caffetterie; Catering, self service, bar; Servizio lavanderia; Centri benessere; attività sportive e palestre. Inserirà invece l’opzione “No” accanto a tutti gli altri tipi di servizi elencati, non inserendo alcun valore per le variabili caratteristiche delle tipologie. Per i servizi presenti, invece, l’auditor dovrà segnare il valore della variabile caratteristica della tipologia di servizio. Si dovrebbe ottenere una tabella di questo tipo:</p> <table border="1" data-bbox="481 797 1273 1496"> <thead> <tr> <th colspan="3">Servizi presenti nell'edificio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hotel (1 o 2 stelle)</td> <td><input type="button" value="No"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero di letti</td> <td><input type="text" value=""/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Hotel (3 stelle e oltre)</td> <td><input type="button" value="Si"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero di letti</td> <td><input type="text" value="130,00"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="19500"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Ristoranti e caffetterie</td> <td><input type="button" value="Si"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero di coperti</td> <td><input type="text" value="50,00"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="2500"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Catering, self service, bar</td> <td><input type="button" value="Si"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero di coperti</td> <td><input type="text" value="50,00"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="10000"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Servizio lavanderia</td> <td><input type="button" value="Si"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero di letti</td> <td><input type="text" value="70,00"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="14"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Centri benessere</td> <td><input type="button" value="Si"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero medio giornaliero di ospiti</td> <td><input type="text" value="2,00"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="16"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Totale 1</td> <td></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Spogliatoi di stabilimenti</td> <td><input type="button" value="No"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero medio giornaliero di utilizzatori</td> <td><input type="text" value=""/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume di ACS stimato</td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>[litri/giorno]</td> </tr> <tr> <td>Uffici</td> <td><input type="button" value="No"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Superficie netta climatizzata</td> <td><input type="text" value=""/></td> <td>[m2]</td> </tr> </tbody> </table> <p>In base alle tipologie ed alle caratteristiche dei servizi presenti, il programma ricerca nel database i consumi specifici per ogni categoria e calcola il fabbisogno complessivo stimato.</p>	Servizi presenti nell'edificio			Hotel (1 o 2 stelle)	<input type="button" value="No"/>		Numero di letti	<input type="text" value=""/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="0"/>	[litri/giorno]	Hotel (3 stelle e oltre)	<input type="button" value="Si"/>		Numero di letti	<input type="text" value="130,00"/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="19500"/>	[litri/giorno]	Ristoranti e caffetterie	<input type="button" value="Si"/>		Numero di coperti	<input type="text" value="50,00"/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="2500"/>	[litri/giorno]	Catering, self service, bar	<input type="button" value="Si"/>		Numero di coperti	<input type="text" value="50,00"/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="10000"/>	[litri/giorno]	Servizio lavanderia	<input type="button" value="Si"/>		Numero di letti	<input type="text" value="70,00"/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="14"/>	[litri/giorno]	Centri benessere	<input type="button" value="Si"/>		Numero medio giornaliero di ospiti	<input type="text" value="2,00"/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="16"/>	[litri/giorno]	Totale 1		[litri/giorno]	Spogliatoi di stabilimenti	<input type="button" value="No"/>		Numero medio giornaliero di utilizzatori	<input type="text" value=""/>		Volume di ACS stimato	<input type="text" value="0"/>	[litri/giorno]	Uffici	<input type="button" value="No"/>		Superficie netta climatizzata	<input type="text" value=""/>	[m2]	
Servizi presenti nell'edificio																																																																														
Hotel (1 o 2 stelle)	<input type="button" value="No"/>																																																																													
Numero di letti	<input type="text" value=""/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="0"/>	[litri/giorno]																																																																												
Hotel (3 stelle e oltre)	<input type="button" value="Si"/>																																																																													
Numero di letti	<input type="text" value="130,00"/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="19500"/>	[litri/giorno]																																																																												
Ristoranti e caffetterie	<input type="button" value="Si"/>																																																																													
Numero di coperti	<input type="text" value="50,00"/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="2500"/>	[litri/giorno]																																																																												
Catering, self service, bar	<input type="button" value="Si"/>																																																																													
Numero di coperti	<input type="text" value="50,00"/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="10000"/>	[litri/giorno]																																																																												
Servizio lavanderia	<input type="button" value="Si"/>																																																																													
Numero di letti	<input type="text" value="70,00"/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="14"/>	[litri/giorno]																																																																												
Centri benessere	<input type="button" value="Si"/>																																																																													
Numero medio giornaliero di ospiti	<input type="text" value="2,00"/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="16"/>	[litri/giorno]																																																																												
Totale 1		[litri/giorno]																																																																												
Spogliatoi di stabilimenti	<input type="button" value="No"/>																																																																													
Numero medio giornaliero di utilizzatori	<input type="text" value=""/>																																																																													
Volume di ACS stimato	<input type="text" value="0"/>	[litri/giorno]																																																																												
Uffici	<input type="button" value="No"/>																																																																													
Superficie netta climatizzata	<input type="text" value=""/>	[m2]																																																																												
<p>IACS_15 6</p>	<p>Giorni medi di utilizzazione dell’ACS a pieno carico</p>	<p>%Le caselle successive sono state inserite per stimare con maggiore precisione il fabbisogno di ACS, in quanto si è supposto che quello calcolato usando solamente la Normativa di riferimento sovradimensionasse i consumi reali. Ad esempio, per l’analisi di un hotel 3 stelle con 130 posti letto, secondo la Normativa sarebbero richiesti 19500 litri/giorni di ACS. Nella realtà però non è detto che l’hotel in analisi abbia occupati tutti e 130 i posti letto a disposizione nel periodo di riferimento (annuale). Bisognerà quindi stimare quanti giorni effettivamente l’hotel abbia tutti i posti letto occupati e quanti giorni invece sia in uso a “carico intermedio” (numero di ospiti < 130). Si può scegliere tra due opzioni: l’inserimento manuale dei giorni</p>																																																																												

		<p>medi mensili “equivalenti” o “a pieno carico”, oppure l’inserimento automatico. La scelta deve essere fatta dall’auditor premendo l’apposito pulsante riportato nelle caselle sottostanti.</p> <p>Se viene scelto l’inserimento manuale, l’auditor dovrà inserire, nelle caselle relative, il numero di giorni equivalenti medi mensili in base ai dati forniti dall’utenza nel corso dell’intervista (ad esempio, il proprietario dell’albergo può riferire di lavorare solo in alta stagione con tutti i posti letto occupati e nei mesi restanti al 50%): l’auditor allora inserirà nei mesi di alta stagione un numero di giorni equivalenti pari al numero di giorni del mese e nei mesi restanti un numero di giorni equivalenti pari alla metà del numero dei giorni del mese.</p> <p>Se viene scelto l’inserimento automatico, vengono usati dal programma dei fattori di utilizzazione di default. Per alberghi, dormitori, bar, ristoranti, servizi di lavanderia e centri benessere si sono utilizzati i seguenti fattori di utilizzazione: 56% nel primo trimestre, 75% nel secondo trimestre, 100% nel terzo trimestre, 62% nel quarto trimestre. Questi dati sono stati ricavati dal paper “Industry, trade and services – Population and sociale conditions, C. Demunter, Eurostat, 2010” (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-10-054/EN/KS-SF-10-054-EN.PDF) Secondo i dati forniti da questa ricerca, se si suddivide l’anno in quattro trimestri, si trova che i viaggi turistici sono per il 19% concentrati nel primo trimestre dell’anno, per il 26% nel secondo trimestre, per il 34% nel terzo trimestre e per il 21% nel quarto trimestre. Si sono allora normalizzati tali valori rispetto alla percentuale di viaggi del terzo trimestre: si è considerato quindi che in alta stagione (terzo trimestre) il fattore di occupazione fosse pari a 1, e che negli altri trimestre questi fattori fossero calcolati proporzionalmente a quello del terzo trimestre.</p> <p>Per quanto riguarda l’inserimento automatico dei giorni equivalenti di utilizzo per uffici, esercizi commerciali, palestre e scuole, ogni mese è stato considerato con un numero di giorni equivalenti pari a quello dei giorni effettivi presenti al quale è stato sottratto il numero di giorni festivi presenti ogni mese. Per il solo mese di Agosto, invece, si è considerato un numero di giorni equivalenti pari ad un terzo di quelli effettivi.</p> <p>In caso di inserimento automatico, non verranno riportate le caselle IACS_159:170 ma direttamente le caselle IACS_171:184, in cui viene riportato il consumo medio mensile di ACS stimato, in litri/mese.</p>	
IACS_15 8	Annulla tutto	%Premere questo tasto solamente nel caso in cui si sia sbagliata la modalità di inserimento scelta in IACS_157. Una volta premuto tale tasto, tornare alla casella IACS_157 e scegliere la modalità di inserimento desiderata.	

IACS_186:19 8	Richiesta mensile di energia termica per la produzione di ACS	%In base alle scelte effettuate dall’auditor, il programma riporterà in queste caselle la stima mensile di energia termica necessaria per soddisfare il fabbisogno di ACS nel locale in analisi.	[kWh/mese]
------------------	---	--	------------

Foglio di lavoro "CARICHI MENSILI"

Per l'analisi dei consumi elettrici nel locale, dovuti ad illuminazione, si fa riferimento alla Normativa UNI EN 15193:2008. In tale Normativa sono riportati due metodi per il calcolo dell'energia elettrica necessaria per l'illuminazione:

- Il metodo di calcolo dettagliato prevede il calcolo dei vari parametri coinvolti (fattore di presenza, fattore di disponibilità del daylight, fattore di manutenzione del locale...) utilizzando tutte le caratteristiche del locale (tipo di apparecchi usati, geometria, dimensioni del locale e degli edifici adiacenti...). Tale metodologia risulta essere molto onerosa, in quanto richiede la disponibilità di un'ingente quantità di dati.
- Il metodo di calcolo con fattori precalcolati prevede invece l'utilizzo di valori precalcolati per i parametri coinvolti (fattore di presenza, fattore di disponibilità del daylight, fattore di manutenzione del locale...) da scegliere da tabelle in base alle caratteristiche del locale stesso (tipo di apparecchi usati, geometria, tipo di edificio...). Tale metodologia, nonostante dia dei risultati meno precisi rispetto alla precedente, ha il vantaggio di richiedere un numero minore di input: di conseguenza si è scelto di usare questa metodologia per la creazione della scheda di illuminazione.

Per quanto riguarda invece il calcolo dell'energia necessaria per le richieste delle apparecchiature elettriche presenti, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- UNI EN 15603:2008 (in cui sono riportati i consumi medi connessi alle più comuni apparecchiature elettriche in ambito domestico e terziario);
- Tabelle riferite ai consumi medi di apparecchiatura di tipo ENERGY STAR (si consulti in proposito il sito www.eu-energystar.org).

Nel caso di audit relativi ad una zona con impianto elettrico autonomo (e quindi unica fatturazione energetica), ma che è ubicato all'interno di un edificio (tipicamente un condominio) con consumi elettrici comuni, occorre inserire anche questi ultimi, nella quota parte attribuibile alla zona soggetta ad audit. Ad esempio, nel caso di un audit di un singolo appartamento dotato di contatore elettrico autonomo e ubicato in un condominio, occorre inserire in questi fogli anche la quota parte di consumo elettrico per l'illuminazione esterna o per il servizio ascensore o per il gruppo di pompaggio dell'autoclave o altro.

In questo foglio dovranno essere inserite le caratteristiche delle apparecchiature elettriche presenti nel locale.

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
CM_6:29	Apparecchiatura presente (residenziale)	<p>%In questa sezione vengono calcolati i consumi elettrici mensili in base al numero ed alla tipologia di apparecchiatura elettrica presente di tipo residenziale. Si è fatto riferimento a dati medi di energia consumata da alcune tipiche apparecchiature presenti (lavatrice, televisore, forno elettrico, congelatore, frigocongelatore, Hi-Fi, lavastoviglie, ferro da stiro, phon, lettore CD/DVD). Come descritto precedentemente, in Normativa sono riportate delle tabelle che indicano i consumi medi mensili di queste apparecchiature sulla base di studi condotti in ambito europeo. Si tratta quindi di dati medi, che potrebbero discostarsi anche abbastanza dai consumi effettivi nel locale in analisi. Per tale motivo si consiglia di seguire la seguente procedura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se non si conoscono i consumi delle apparecchiature presenti e/o risulta problematico stimarli con sufficiente certezza, si inseriscano nelle caselle B7 – B9 – B11– B13 – B15 – B17 – B19 – B21 – B23 – B25 il numero dei corrispondenti apparecchi presenti. Il programma utilizzerà i dati medi riportati nella Normativa; - Se si suppone di conoscere con sufficiente chiarezza i consumi di tutti o di parte degli elettrodomestici presenti, la relativa energia elettrica totale consumata mensilmente deve essere riportata in B28 o in B29 in base alla recuperabilità dell'energia associata. Ad esempio, se sono presenti ascensori, pompe di calore per solo raffrescamento ecc. di cui si conoscono i consumi, questi possono essere inseriti in questa casella per rendere il calcolo più preciso, ricordando però di inserire il primo (ascensore o altri consumi per servizi esterni alla zona) tra i carichi la cui energia termica associata non è recuperabile perché appunto esterna alla zona termica in esame. <p>A titolo esemplificativo, si consideri un locale in cui, tra le altre apparecchiature, siano presenti due televisori, A e B. Si supponga di conoscere il consumo (a livello di input: la potenza nominale e il profilo di utilizzo mensile) di solo uno dei due, denominato in seguito A: per esempio si pensi che questo richieda, da acceso, una potenza di 200 W, venga utilizzato due ore al giorno e rimanga in standby per 5 minuti al giorno, in cui viene richiesta una potenza di 2 W. Di conseguenza, ogni mese, il televisore A richiederà un'energia pari a $(200 \cdot 60 + 2 \cdot 2,5) / 1000 = 12,005$ kWh. Poiché invece non si conosce il consumo del televisore B, l'utente dovrà inserire:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nella casella B9 il numero 1: è infatti presente un solo televisore di cui non si conoscono i consumi; il programma sceglierà il valore medio di consumi riportato in normativa; - Nella casella B28 il valore 12,005: questo è infatti il valore dell'energia elettrica mensile richiesta dal televisore A, di cui si conosce il consumo e che è interno alla zona soggetta ad audit, per cui tutta l'energia termica associata è considerata recuperabile. <p>Si faccia attenzione al fatto che, se sono noti più apparecchi di cui si conosce il consumo mensile, nella casella B28 o B29 si riporti il consumo elettrico complessivo di tutti i carichi in questione.</p>	[kWh/mese]

<p>CM_31:10 2</p>	<p>Apparecchiatura da ufficio</p>	<p>%In questa sezione vengono riportati i consumi elettrici necessari alle più comuni apparecchiature di ufficio. Si noti che i personal computer devono essere inseriti in ogni caso in questa sezione, anche se il locale in esame è di tipo residenziale.</p> <p>Si sono considerate separatamente le apparecchiature di tipo ENERGY STAR e quelle non di tipo ENERGY STAR, in quanto i consumi tra le due categorie variano significativamente. Per i personal computer di tipo ENERGY STAR, il calcolo del fabbisogno è stato condotto a livello giornaliero: questo ha reso necessario l’inserimento di una tabella di profilo di utilizzo mensile del locale per uso PC in “giorni equivalenti”. Maggiori indicazioni sono riportati nelle relative caselle.</p>	
<p>CM_32</p>	<p>Modalità di utilizzo dell’apparecchiatura elettronica</p>	<p>%Come riportato nel sito www.eu-energystar.org, possono essere individuate 5 modalità di utilizzo dell’apparecchiatura da ufficio, ad ognuna delle quali corrisponde un certo profilo di utilizzo, riportato di seguito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modalità domestica: 2 ore/giorno in modo acceso, 9 ore/giorno in modo standby, 13 ore/giorno in modo spento; - Ufficio (utilizzo ridotto): 2 ore/giorno in modo acceso, 9 ore/giorno in modo standby, 13 ore/giorno in modo spento; - Ufficio (utilizzo medio): 4 ore/giorno in modo acceso, 5 ore/giorno in modo standby, 15 ore/giorno in modo spento; - Ufficio (utilizzo intenso): 8 ore/giorno in modo acceso, 2 ore/giorno in modo standby, 14 ore/giorno in modo spento; - Mai spento: 4 ore/giorno in modo acceso, 20 ore/giorno in modo standby, 0 ore/giorno in modo spento. <p>L’utente scelga, tra le opzioni presentate dal menù a tendina, quella che meglio identifica l’utilizzo delle apparecchiature di ufficio nel locale in esame.</p>	<p>[-]</p>
<p>CM_33</p>	<p>Le apparecchiature elettroniche e utilizzate sono in modalità “risparmio energetico”?</p>	<p>% Come riportato nel sito www.eu-energystar.org, la funzionalità “Risparmio energetico”, che può essere abilitata per il profilo di consumo di energia dei PC e Notebook, consente di sottrarre il 25% del tempo dal modo acceso e di aggiungerlo al tempo in modo standby. Se quindi tale funzione risulta attiva, questo consente ulteriori risparmi di energia elettrica.</p>	<p>[-]</p>
<p>CM_37:48</p>	<p>Profilo di utilizzo mensile – numero medio di giorni di utilizzo del locale</p>	<p>%Riportare il numero medio, per ogni mese, di giorni in cui il locale è utilizzato, e di conseguenza il numero di giorni in ogni mese in cui si suppone che le apparecchiature siano in funzione. Ad esempio, in strutture ad uso terziario (uffici...) non considerare i sabati e le domeniche, o altri giorni festivi di non utilizzo.</p>	<p>[giorni]</p>
<p>CM_49:92</p>	<p>Apparecchiatura ENERGY STAR presente</p>	<p>%Le caselle in questione possono essere suddivise in due macro-sezioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nella prima sezione (CM_50:72) vengono calcolate le richieste elettriche delle apparecchiature direttamente collegabili a personal computer (netbook, portatili, schermi, workstation). Anche in questo 	

		<p>caso possono essere utilizzati i valori precalcolati (riportati sul sito www.eu-energystar.org e già inseriti nel database del programma) inserendo il numero di apparecchi presenti nel locale per ciascuna delle categorie indicate. Tuttavia, se si conoscono le richieste energetiche di alcune apparecchiature presenti, si consiglia di inserire tali valori nella casella CM_72, per una maggiore raffinatezza del calcolo. Si ricorda che nella casella CM_72 devono essere inserite le richieste complessive di tutte le apparecchiature di cui si conoscono i consumi, inoltre le apparecchiature i cui consumi sono descritte in tale casella non devono essere inserite anche nelle caselle precedenti. Nella casella CM_73 verrà calcolato il consumo elettrico giornaliero richiesto da tali apparecchiature. Questo valore è quindi in [kWh/giorno] e dovrà essere moltiplicato per il numero medio mensile di giorni di utilizzo del locale, riportato precedentemente in CM_37:48 per ottenere i consumi mensili per uso PC;</p> <p>- Nella seconda sezione (CM_74:92) vengono calcolate le richieste elettriche delle restanti apparecchiature di tipo ENERGY STAR (fotocopiatrici, stampanti). Anche in questo caso, se non si conoscono con precisioni i consumi effettivi delle apparecchiature presenti, si utilizzino i valori precalcolati (riportati sul sito www.eu-energystar.org e già inseriti nel database del programma) scrivendo semplicemente il numero di apparecchi presenti per ciascuna categoria nell'apposita casella. Se sono noti invece i consumi di alcune apparecchiature elettriche di tipo ENERGY STAR, inserire il valore complessivo per i consumi di tutte le apparecchiature in questione nella casella CM_92. Le apparecchiature i cui consumi sono descritte in tale casella non devono essere inserite anche nelle caselle precedenti. Questi consumi sono in [kWh/mese]</p>	
CM_93:102	Apparecchiatura non Energy star presente	<p>%Come nelle caselle precedenti, se non si conoscono con esattezza i valori dei consumi delle altre apparecchiature elettriche non ENERGY STAR presenti nel locale, inserire nelle apposite caselle il numero delle apparecchiature presenti per ciascuna delle categorie indicate. Il programma calcola i consumi mensili stimati utilizzando dei valori precalcolati di richiesta elettrica (riportati nella Normativa UNI EN 15603:2008). Se invece si conoscono i consumi di alcune apparecchiature elettriche con sufficiente precisione, inserire la richiesta complessiva di energia per tutte le apparecchiature in questione nella casella CM_102; non inserire tali apparecchiature anche nelle caselle precedenti. In questo campo inserire eventuali consumi dovuti a apparecchiature comuni (ascensori, gruppi pompe per autoclave, illuminazione esterna...) anche ad altre zone, ripartiti secondo la propria quota.%</p>	[kWh/mese]

CM_106:117	Consumi mensili ed annuali di carichi elettrici (senza illuminazione)	<p>%In queste caselle viene calcolato il consumo mensile di elettricità in base ai dati inseriti precedentemente. Nella casella CM_119 è riportata anche l'energia elettrica consumata annualmente. Si ricorda che questo valore dei consumi elettrici non tiene conto dell'illuminazione, che viene esaminata in un apposito foglio di input.</p>	[kWh/mese]
------------	---	--	------------

Foglio di lavoro "ILLUMINAZIONE"

In questo foglio di calcolo devono essere inserite le caratteristiche dell'impianto di illuminazione presente nel locale e vengono calcolati i consumi di energia elettrica per l'illuminazione del locale in esame. Come già riportato per il foglio di calcolo precedente, si fa riferimento alla Normativa UNI EN 15193:2008, seguendo la procedura di calcolo semplificato. Nel seguito verrà spiegato il significato di alcune caselle presenti nel foglio di calcolo sull'illuminazione. Tutte le considerazioni fatte nel foglio precedente valgono anche per questo foglio di calcolo.

N. riga	Campo	Input	Unità di misura
ILL_9	Tipo di edificio	%Come riportato in Normativa e nel report "Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario", è possibile prendere di default alcuni parametri per il calcolo dell'energia richiesta per illuminazione in base al tipo di edificio. Il progettista scelga quindi, dall'apposito menù a tendina, la tipologia di edificio su cui sta conducendo l'audit: commerciale, fabbrica, hotel, impianto sportivo, residenziale, ristorante, scuola, ufficio/studio professionale. Nel caso di utilizzo del locale per usi terziari, nelle caselle B11 e B12 verranno automaticamente inseriti i valori delle ore di funzionamento in presenza (t_d) ed in assenza (t_n) di illuminazione naturale. In caso di locale ad uso residenziale, invece, sarà compito del progettista stesso stimare le ore di funzionamento dell'impianto in presenza ed in assenza di illuminazione naturale. Tali valori andranno poi inseriti nelle caselle B13 e B14.	[-]
ILL_10	Superficie dell'edificio	%In questo campo l'auditor dovrà inserire la superficie dell'edificio servito dall'impianto di illuminazione: tale valore, secondo la Normativa di riferimento, deve essere usato per il calcolo dell'energia richiesta mensilmente dal sistema di controllo di illuminazione e da quello di emergenza nel caso in cui non si disponga di dati più precisi in merito.	[m ²]
ILL_11:12	Valori di t_d/t_n da Normativa	%In caso di locale ad uso terziario, in queste caselle il programma inserirà automaticamente i dati delle ore mensili medie stimate di uso del da light e di non uso del daylight tra quelli presenti nel database, in base al tipo di edificio precedentemente specificato. Nel caso in cui si stia analizzando un edificio ad uso residenziale, comparirà in A11:A12 la stringa "NON COMPILARE":	[ore/mese]

		l'utente non dovrà inserire alcun valore nelle corrispondenti caselle B11:B12, passando direttamente alla compilazione delle caselle successive.	
ILL_13:14	Ore di funzionamento in presenza/in assenza di illuminazione naturale	%Da intervista all'utenza, nel caso di edificio ad uso residenziale, l'auditor dovrà stimare il numero di ore mensili medio di funzionamento dell'impianto di illuminazione in presenza/in assenza di illuminazione naturale. In caso di studio di edificio ad uso terziario, nelle caselle A13 e A 14 comparirà la stringa "NON COMPILARE". L'auditor, in tal caso, non dovrà inserire alcun valore nelle corrispondenti caselle B13:14 e passare direttamente alla compilazione delle caselle successive.	[ore/mese]
ILL_16	Tipo di controllo dell'illuminazione	%Si scelga, dal menù a tendina presente, la modalità manuale o automatica di controllo dell'illuminazione. In caso di modalità manuale, passare direttamente alla casella B20. Il programma userà il valore precalcolato per il sistema di controllo manuale dell'illuminazione, preso proporzionale alla superficie dell'edificio.	[-]
ILL_17	È nota la potenza di tutti i sistemi di controllo installati?	%Per un calcolo preciso dell'energia spesa per il controllo automatico dell'illuminazione, viene richiesto all'auditor di conoscere la potenza di tutti i sistemi di controllo installati, nel periodo di non accensione delle sorgenti luminose. Se tale dato è noto, questo dovrà essere inserito nella successiva casella B18. Se il controllo dell'illuminazione avviene in modo manuale, comparirà in A17 la stringa "NON COMPILARE": in tal caso l'auditor non dovrà compilare né la casella B17 né la successiva B18.	[-]
ILL_18	Potenza di tutti i sistemi di controllo installati	%In tale campo, l'auditor dovrà inserire la potenza complessiva di tutti i sistemi di controllo installati. Se questo valore non è noto (casella B17 = "No"), comparirà in A18 la stringa "NON COMPILARE": l'auditor non dovrà inserire alcun valore nella corrispondente casella B18.	[kW]
ILL_21	È presente un sistema di illuminazione di emergenza?	%Se non è presente alcun sistema di illuminazione di emergenza, l'auditor scelga l'input "No" dall'apposito menù a tendina e passi direttamente alla casella ILL_26. Ovviamente, in tal caso, il programma considererà nulla l'energia spesa per il sistema di illuminazione di emergenza.	[-]
ILL_22	È nota la potenza necessaria	%Nel caso in cui essa non sia nota, l'auditor	[-]

	<p>alla carica delle batterie del sistema di emergenza?</p>	<p>sceglia l'opzione "No" dall'apposito menù a tendina e passi alla compilazione delle caselle successive alla ILL_26. Il programma prenderà un valore di default per l'energia necessaria al sistema di illuminazione di emergenza, proporzionale alla superficie dell'edificio. Se invece tale potenza è nota, l'auditor dovrà compilare anche le caselle immediatamente successive.</p>	
<p>ILL_26</p>	<p>Fattore di recupero termico in ambiente dei carichi elettrici e dell'illuminazione</p>	<p>%Inserire il valore della frazione dell'energia elettrica fornita alle apparecchiature elettriche che viene recuperata negli ambienti riscaldati come energia termica. Un valore tipico è 0.95.%</p>	
<p>ILL_27:39</p>	<p>Profilo di utilizzo mensile – Numero medio complessivo di ore di utilizzo del locale</p>	<p>%In queste caselle, il programma stima il numero medio mensile delle ore in cui il locale viene utilizzato. Per tale stima, si utilizzano i dati precedentemente inseriti riguardanti sia il profilo di utilizzo medio del locale, sia il numero di giorni mensili di assenza totale dall'edificio (che sono quindi quelli in cui l'intero sistema elettrico non viene utilizzato).</p> <p>Per quanto riguarda il profilo di utilizzo dell'edificio, si fa riferimento alle sezioni PRO_30:43 e PRO_53:66, nelle quali sono stati precedentemente inserite le schedule settimanali di presenze nei giorni feriali e festivi di un mese medio. Il programma conta le ore in cui nell'edificio è presente almeno una persona (tali ore sono quindi quelle in cui vi è la probabilità che l'impianto di illuminazione sia in funzione).</p> <p>Dette rispettivamente X e Y le ore giornaliere medie di utilizzo del locale in un giorno medio feriale e festivo, ci si riporta inizialmente su base settimanale, moltiplicando rispettivamente i due valori per 5/7 e 2/7 (si ricorda, a tal proposito, che il sabato è considerato giorno festivo). In seguito il programma moltiplica i due numeri ottenuti per i giorni mensili di presenza nell'edificio. In tal caso, si fa invece riferimento ai dati inseriti nella tabella CM_37:48, nella quale sono stati inseriti i giorni mensili in cui il locale non viene utilizzato. In tali giorni si suppone un completo non utilizzo del sistema di illuminazione. Il numero di giorni di ogni mese viene quindi epurato del numero di giorni di non utilizzo del sistema: si usa dunque questo numero di giorni per stimare il numero di ore</p>	<p>[h]</p>

		mensili di utilizzo del sistema di illuminazione. Tale valore sarà usato a sua volta per fare una stima dell'utilizzo mensile del daylight (cioè per stimare le ore in cui viene usato il sistema di illuminazione nonostante sia presente illuminazione naturale).	
ILL_41	Fattore di proporzionalità del daylight	%Il fattore di proporzionalità viene calcolato in base al rapporto tra le ore medie mensili di funzionamento del sistema in presenza di illuminazione naturale e quelle totali. Tali valori sono riportati nelle precedenti caselle ILL_11:14, a seconda di uso residenziale o terziario del locale.	[-]
ILL_42:53	Utilizzo mensile del daylight	%In queste caselle viene sfruttato il fattore di proporzionalità del daylight precedentemente riportato per calcolare le ore di utilizzo del sistema di illuminazione in presenza di daylight a partire da quelle complessive in cui il locale è utilizzato (ILL_28:39).	[h]
ILL_55	Fattore di proporzionalità del non – daylight	%Tale valore è ricavato semplicemente come differenza tra il valore unitario e il fattore di proporzionalità del daylight (ILL_41).	[-]
ILL_56:67	Utilizzo mensile del non – daylight	%In questa sezione sono riportate le ore mensili in cui viene usato il sistema di illuminazione senza illuminazione naturale rispetto a quelle complessive in cui il locale è utilizzato (ILL_28:39). Viene sfruttato il fattore di proporzionalità riportato in ILL_55.	[h]
ILL_68:75	Analisi lampade in uso	<p>%L'auditor deve riportare in queste caselle quali lampade sono utilizzate nel locale. Si consiglia all'auditor di suddividere gli apparecchi di illuminazione presenti in totale nel locale in più tipologie con le stesse caratteristiche per quanto riguarda potenza nominale e numero di ore di utilizzo, di modo da velocizzare l'inserimento. Raggruppate le varie tipologie presenti, inserire una categoria alla volta nelle apposite caselle:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inserire il numero di ore medio in cui gli apparecchi in analisi sono utilizzati; - riportare il numero di apparecchi uguali (presenti nel locale in analisi) che rientrano nella medesima categoria; - riportare la potenza nominale in W dell'intero apparecchio (questa deve comprendere anche le perdite attraverso l'apparecchio); - se sono presenti altre categorie di apparecchi del sistema di illuminazione con caratteristiche diverse da quelle precedentemente riportate, premere il tasto 	

		<p>“Aggiungi tipo di lampada”;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nel caso in cui sia stato inserito per sbaglio un nuovo campo di definizione per categoria di apparecchi illuminanti, premere il tasto “Elimina tipo di lampada”. <p>Si consideri ad esempio un edificio in cui, tra le varie tipologie, siano presenti anche due apparecchi illuminanti, ciascuno costituito da una lampada da 60 W (in cucina) e un lampadario costituito da 4 lampade, ognuna delle quali ha una potenza nominale di 40 W (in sala). La cucina viene utilizzata mediamente per 3 ore al giorno, la sala, invece, viene sfruttata giornalmente per un'ora. L'auditor inserirà allora due tipologie di lampada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la prima tipologia è quella degli apparecchi presenti in cucina, con un numero di ore di accensione medie giornaliere di 3 ore, 2 apparecchi uguali di potenza nominale 60W; - la seconda tipologia è quella degli apparecchi presenti in sala, con un numero di ore medie di accensione unitario, 4 apparecchi uguali, ognuno di potenza nominale 40W. <p>In questo modo la stima dell'energia richiesta per l'illuminazione terrà conto dell'effettivo utilizzo di ciascun tipo di apparecchiatura luminosa, senza inserire alcun indice di contemporaneità dell'utilizzo di più apparecchi.</p> <p>L'auditor inserisca tutte le tipologie di lampade presenti. Il programma calcolerà, in base ai dati inseriti nelle varie categorie, la potenza complessiva installata. Tale valore è necessario per il calcolo dei consumi elettrici mensili dovuti all'illuminazione.</p>	
ILL_XXX:XXX	<p>Fattore di illuminamento costante – Fattore di presenza – Fattore di dipendenza dal daylight</p>	<p>%NB: Questi fattori vengono scelti automaticamente dal programma in base alle caratteristiche del locale ed a quelle del sistema di illuminazione riportate precedentemente. Questi valori non sono riportati in una serie di caselle ben specifica (questo è il motivo per cui, a lato, è stata riportata la stringa “ILL_XXX:XXX”). Infatti l'auditor deve inserire tutte le varie categorie</p>	[-]

		<p>di lampade presenti, che possono essere in numero diverso a seconda del locale in analisi. Di conseguenza queste caselle verranno collocate in coda a tutte le tipologie analizzate.</p> <p>Il fattore di illuminamento costante, il fattore di presenza ed il fattore di dipendenza dal daylight sono dipendenti dalla presenza o meno del sistema di controllo di illuminazione, dal tipo di edificio e dalla densità di potenza installata (rapporto tra la potenza complessiva installata e la superficie complessiva dell'edificio). Nella Normativa di riferimento sono riportate delle tabelle con i valori di questi fattori al variare delle caratteristiche del locale e del sistema descritte precedentemente. Tali tabelle sono presenti nel database del programma, che quindi sceglie automaticamente i valori opportuni di questi fattori.</p>	
--	--	--	--

Infine sono riportati i principali risultati dell'analisi dei consumi elettrici. Tali risultati sono brevemente descritti nel seguito.

Carichi elettrici	%In questa sezione sono riportati mensilmente i fabbisogni elettrici (in kWh) richiesti nel locale in analisi dalle apparecchiature elettriche descritte nell'apposito foglio di calcolo.%
Illuminazione	<p>%In questa sezione sono riportati mensilmente i fabbisogni elettrici (in kWh) richiesti nel locale in analisi dalle apparecchiature illuminanti e dal sistema di illuminazione in generale. In queste caselle sono calcolati i consumi mensili di energia elettrica previsti per illuminazione. Ogni valore mensile è dato dalla somma dei seguenti addendi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - consumi specifici dell'illuminazione (proporzionali alla potenza installata degli apparecchi, al fattore di presenza, al fattore di illuminamento costante e al fattore di dipendenza dal daylight secondo una relazione riportata nella Normativa di riferimento); - eventuali consumi dovuti alla presenza del sistema di emergenza; - consumi dovuti al sistema di controllo dell'illuminazione (diversi a seconda che questo sia manuale o automatico).%
Totale	%In questa sezione vengono sommati i fabbisogni complessivi di energia elettrica del locale in esame.%

Foglio di lavoro “Carichi interni”

Questo foglio di lavoro permette l’inserimento di carichi interni, presenti nella zona soggetta ad audit, non alimentati elettricamente, non gratuiti (perché associati ad una spesa di fornitura del combustibile) e non altrimenti computabili, ma talvolta di importanza non trascurabile nel bilancio energetico dell’edificio. In particolare si fa riferimento a sistemi di riscaldamento non correlati ad un impianto dedicato e presenti nelle singole stanze quali piccole stufe a gas o a combustibile liquido (paraffina...), stufe a legna o caminetti; oppure, tipicamente, si fa riferimento alla produzione di calore derivante dagli usi di cottura. Questi dispositivi sono associati ad una spesa economica di rifornimento del combustibile, che generalmente è nota all’auditor e che è utile per una corretta analisi economica di eventuali interventi di efficientamento. Inoltre, se nella fatturazione è compresa la fornitura per l’alimentazione di questi carichi interni, allora questa viene aggiunta automaticamente all’energia fornita alla zona soggetta ad audit nel foglio di lavoro “CONFRONTO”, per permettere un corretto confronto dei consumi. In quest’ultimo foglio si ipotizza inoltre che i dispositivi associati a questi carichi interni aggiuntivi non siano mai centralizzati e quindi non si utilizzano le ripartizioni millesimali considerate per gli altri servizi. Ad esempio, se l’utenza di gas metano rifornisce sia il generatore di riscaldamento e/o ACS, sia i dispositivi per la cucina, allora, una volta inserita in questo foglio l’energia annuale associata al vettore gas metano per usi cottura, questa è aggiunta al fabbisogno di energia termica richiesta secondo l’audit nel foglio di lavoro “CONFRONTO”. In questo modo il confronto con i dati di fatturazione (comprensivi della quota di gas spesa per uso cottura) potrà essere più preciso, specialmente nei casi in cui si abbia un elevato uso cottura (ristoranti e similari).

In particolare vengono distinte due tipologie di carico interno: quello ad uso riscaldamento, e quello per uso cottura. Nel primo caso si attribuisce il valore dell’energia annuale utilizzata (campo 6) solo alla stagione di riscaldamento (come definita secondo normativa o come definita dall’utente, anche nel caso di accensione reale); nel secondo caso invece si attribuisce l’energia a tutto l’anno.

Si precisa infine che sono inseribili fino ad un massimo di tre tipologie di carichi interni non elettrici e non gratuiti diversi.

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
5	Tipologia del carico interno n. 1 (cucina, caminetto, stufe radianti a fungo, stufe a gas, stufe a legna...)	%Scegliere se il carico interno è associato ad un dispositivo non elettrico per riscaldamento o per uso cottura.%	
6	Energia annuale utilizzata, associata al combustibile di alimentazione, per il carico interno non elettrico n. 1	%Inserire l’energia che il dispositivo richiede annualmente, associata al combustibile di alimentazione. Questo dato è facilmente reperibile se il vettore energetico è distinto (quantità di legna per alimentazione del camino, bombole di gas per cucina...). Nel caso di energia per uso cottura in abitazioni si può far riferimento all normativa UNI TS 11300/2 prospetto 14. %	[kWh/anno]
7	Fattore di recupero in ambiente interno del carico termico n. 1	%Inserire il valore, compreso tra zero e uno, di recupero all’interno dell’ambiente riscaldato dell’energia annuale associata al combustibile di alimentazione del dispositivo. Valori tipici di “resa termica” dei caminetti sono del 20-25%. Questo dato, vista la notevole casistica, viene lasciato libero e da compilare a cura dell’auditor %	[-]

8	Vettore energetico che genera il carico n. 1	%Scegliere tra quelli presenti, il vettore energetico di alimentazione del dispositivo associato al carico interno.%	
9	Il vettore energetico che genera il carico n. 1 è tra quelli che forniscono il servizio di riscaldamento e/o ACS?	%In funzione di questa risposta, viene computata o meno l'energia associata al rifornimento del dispositivo del carico interno nel fabbisogno totale di energia riportato nel foglio "CONFRONTO", come specificato all'inizio del paragrafo.%	
10	Costo specifico del vettore energetico che genera il carico n. 1/NON COMPILARE	%Inserire il prezzo specifico per la fornitura di combustibile per l'alimentazione del dispositivo del carico interno. L'auditor può semplicemente effettuare il rapporto tra la quantità totale di combustibile annuale fornito al dispositivo associato al carico interno e l'energia già specificata nel campo 6. Questo dato può rappresentare per l'auditor anche un valido avviso di una eventuale stima sbagliata del valore nel campo 6. Questo campo risulta da non compilare quando il vettore energetico è già presente nella fatturazione.%	[€/kWh]
...		
24	TOTALE CARICHI INTERNI NON GRATUITI E NON ELETTRICI		[kWh/anno]
25	Gennaio	%Come già specificato nel paragrafo iniziale, queste celle riportano mese per mese l'energia in ingresso alla zona soggetta ad audit proveniente da carichi interni non elettrici e non gratuiti, considerando già un opportuno periodo di applicazione (se dispositivo ad uso cucina il periodo di utilizzo è annuale, altrimenti solo quello riguardante la stagione di riscaldamento).%	[kWh/mese]
...	...		[kWh/mese]
36	Dicembre		[kWh/mese]

Vettore energetico ==>>>>	Gas	Gasolio	Biomassa	Altro
Energia totale utilizzata per carichi interni non gratuiti, suddivisa per vettore energetico (elettrico escluso) [kWh/anno]	%Questa cella riporta, suddivisa per vettore energetico, la somma sull'anno dell'energia totale fornita ai dispositivi associati ai carichi interni inseriti dall'auditor.%			
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese e suddivisa per vettore energetico, l'energia media mensile fornita ai dispositivi associati ai carichi interni inseriti dall'auditor.%			
...				
Dicembre				

Foglio di lavoro "INPUT_INV_0"

Questo foglio di lavoro è strutturato in moduli, per permettere all'utente l'inserimento modulare di più componenti opachi dell'edificio. L'utente inserirà un nuovo componente per ogni elemento opaco con diverse caratteristiche principalmente in termini di trasmittanza, orientamento, inclinazione, ambiente adiacente. E' lasciata grande libertà all'utente, che, per brevità, può raggruppare componenti simili per alcune caratteristiche, come invece suddividerli se se ne vuole analizzare i contributi in modo dettagliato. Per ogni componente, al termine dell'inserimento dei dati di input, si hanno dei risultati intermedi e finali utili per una maggiore suddivisione dei risultati finali e per una comodità di calcolo. Ogni volta che viene aggiunto o eliminato un componente si ha un aggiornamento del conteggio nella cella "contatore" che poi determina l'indice della somma finale dei contributi del bilancio energetico. Si ricorda che nell'indicare l'angolo azimutale solare (ovvero l'orientamento) dei collettori solari termici o dei moduli fotovoltaici o di un componente opaco o finestrato, si ricordano i valori: per superficie a sud, l'angolo è nullo; a est vale -90°; a ovest 90°; a nord 180°.

Ipotesi di calcolo:

- Si considera lo scambio dei componenti opachi con la volta celeste come dispersione aggiuntiva e non come apporti solari.
- Si considerano tutti gli elementi circostanti il componente opaco alla stessa temperatura superficiale esterna del componente stesso, e quindi si trascurano gli scambi termici.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
INV_1	Aggiungi componente opaco	%Al primo inserimento, comparirà soltanto questo tasto e quello successivo. Premere questo tasto per far comparire il blocco del primo componente.%	
INV_2	Sigla componente	%Inserire una sigla univocamente attribuita al componente opaco.%	[-]
INV_3	Ambiente adiacente	%Scegliere l'ambiente adiacente dell'elemento opaco. La scelta è tra quelle proposte dalla UNI TS 11300-1 par. 11.2 o, nel caso di locale condizionato di cui sia nota la temperatura di set point, quella inserita dall'utente. Nel caso invece di locale adiacente non condizionato, si considera una temperatura interna pari a quella esterna.%	[-]
INV_4	Fattore b	%Questa cella riporta il valore del fattore correttivo della temperatura se l'ambiente adiacente (campo INV_3) è uno di quelli presenti in normativa (par 11.2 della UNI/TS 11300-1) con esclusione dei valori per ambienti controterra, altrimenti compare il valore nullo. Le pareti contro terra hanno algoritmi di calcolo più elaborati e sviluppati in un foglio a parte.%	[-]
INV_5	NON COMPILARE/ INSERISCI LA TEMPERATURA DEL LOCALE CONDIZIONATO	%Inserire, se nota, la temperatura del locale condizionato adiacente. Il campo è uno di quelli segnati in funzione del campo INV_4%	[°C]
INV_6	NON COMPILARE/ INSERISCI FATTORE B DEL	%Inserire, se il locale adiacente è non condizionato, il fattore di correzione della temperatura, preventivamente calcolato a mano mese per mese e medio sulla stagione.%	[-]

	LOCALE NON CONDIZIONATO		
INV_8	INSERISCI CAPACITA' TERMICA AERICA/NON COMPILARE	%In funzione della conoscenza o meno della capacità termica aerea del componente (campo INV_7), inserire tale dato o saltare. Si precisa che il dato può essere reperito dalla documentazione di progetto o dalle schede tecniche dei singoli elementi della stratigrafia o utilizzando i dati di stratigrafia e il database di materiali della UNI 10351.%	[kJ/m ² K]
INV_9	Trasmittanza componente opaco	%Inserire il valore della trasmittanza termica del componente opaco, considerando le opportune resistenze liminari e seguendo la procedura della UNI 6946. Tutto il calcolo in funzione della stratigrafia viene lasciato all'auditor.%	[W/m ² K]
INV_10	Trasmittanza corretta	%Questa cella riporta il valore della trasmittanza del componente corretta utilizzando il valore reale della velocità del vento calcolato nel foglio INPUT_GEN.%	[W/m ² K]
INV_16	Fattore di assorbimento solare/NON COMPILARE	% Inserire, soltanto se il componente confina con l'esterno, il valore del coefficiente di assorbimento solare del componente. In assenza di dati più specifici (preferibili), si possono adottare i valori 0.3, 0.6, 0.9 per pareti di colore rispettivamente chiaro, medio e scuro (come indicato nel par. 14.1 della UNI/TS 11300-1).%	[-]
INV_17	Fattore di ombreggiatura per ostruzioni esterne		
INV_18	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per ostruzioni esterne attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea di massima ostruzione all'orizzonte. Nel caso di più ostruzioni si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione).%	[-]
...	...		[-]
INV_29	Dicembre		[-]
INV_30	Fattore di ombreggiatura per radiazione diffusa per ostruzioni esterne	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per ostruzioni esterne attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea di massima ostruzione all'orizzonte. Nel caso di più ostruzioni si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione).%	
INV_31	Fattore di ombreggiatura per aggetti orizzontali		
INV_32	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per aggetti orizzontali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea massima di aggetto orizzontale. Nel caso di più aggetti, si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione).%	[-]
...	...		[-]
INV_43	Dicembre		[-]
INV_44	Fattore di ombreggiatura	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per aggetti orizzontali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della	[-]

	radiazione diffusa per oggetti orizzontali	normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea massima di oggetto orizzontale. Nel caso di più oggetti, si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione).%	
INV_45	Fattore di ombreggiatura per oggetti verticali		
INV_46	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per oggetti verticali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea massima di oggetto verticale. Nel caso di più oggetti, si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione)%	[-]
...	...		[-]
INV_57	Dicembre		
INV_58	Fattore di ombreggiatura radiazione diffusa per oggetti verticali	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per oggetti verticali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Si consideri come angolo di ombreggiatura quello ottenuto posizionandosi nel baricentro della parete in esame e considerando la linea massima di oggetto verticale. Nel caso di più oggetti, si prenda quello caratterizzato da angolo maggiore (maggiore ostruzione).%	[-]
INV_59	IRRAGGIAMENTO DIFFUSO	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento diffuso mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, calcolato in funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN.%	
INV_72	IRRAGGIAMENTO DIRETTO	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento diretto mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, calcolato in funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN.%	
INV_85	IRRAGGIAMENTO TOTALE	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento globale mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, come somma dei due precedenti e della quota riflessa, funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17), del coefficiente di albedo (INV_20) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN.%	
INV_98	Coefficiente di dispersione termica	%Questecelle riportano, mese per mese, il valore del coefficiente di dispersione termica per trasmissione, ottenuto dalla trasmittanza per l'area del componente e per il fattore di correzione della temperatura, espressi in W/K. Si esclude in questo calcolo lo scambio verso la volta celeste.%	
INV_111	Dispersioni per trasmissione (conv, irr)	%Queste celle riportano, mese per mese, come risultato finale del componente in esame, la quota di dispersione termica per trasmissione, espressi in kWh. All'interno di questa quota sono compresi gli scambi di calore con la volta celeste, calcolati come da normativa UNI EN ISO 13790:2008, par. 11.3.5 e 11.4.6, utilizzando una temperatura del cielo calcolata in funzione della temperatura esterna secondo l'annesso F della normativa UNI EN ISO	

		13791:2005.%	
INV_124	Apporti solari(conv, irr)	%Queste celle riportano, mese per mese, come risultato finale del componente in esame, la quota di apporti solari, espressi in kWh, calcolati secondo la UNI TS 11300-1.%	
INV_137	Aggiungi componente opaco	% Con questo tasto si possono aggiungere in coda altri componenti opachi. Esso agisce anche per componenti opachi intermedi tra il primo e l'ultimo %	
INV_138	Elimina componente opaco	%Con questo tasto si può eliminare il componente appena inserito. Esso agisce anche per componenti opachi intermedi tra il primo e l'ultimo.%	

Foglio di lavoro "INPUT_INV_FIN"

Questo foglio di lavoro è strutturato in moduli, per permettere all'utente l'inserimento modulare di più componenti finestrati dell'edificio. Per quanto riguarda i serramenti non finestrati (porte, portoni) si assimilano a componenti finestrati in cui però non si abbia superficie vetrata. Si ponga quindi particolare attenzione all'inserimento dati. L'utente inserirà un nuovo componente per ogni elemento vetrato con diverse caratteristiche principalmente in termini di trasmittanza, orientamento, inclinazione, ambiente adiacente, chiusura oscurante e tende. E' lasciata grande libertà all'utente, che, per brevità, può raggruppare componenti simili per alcune caratteristiche, come invece suddividerli se se ne vuole analizzare i contributi in modo dettagliato. Per ogni componente, al termine dell'inserimento dei dati di input, si hanno dei risultati intermedi e finali utili per una maggiore suddivisione dei risultati finali e per una comodità di calcolo. Ogni volta che viene aggiunto o eliminato un componente si ha un aggiornamento del conteggio nella cella "contatore" che poi determina l'indice della somma finale dei contributi del bilancio energetico. Si ricorda che nell'indicare l'angolo azimutale solare (ovvero l'orientamento) dei collettori solari termici o dei moduli fotovoltaici o di un componente opaco o finestrato, si ricordano i valori: per superficie a sud, l'angolo è nullo; a est vale -90° ; a ovest 90° ; a nord 180° .

Ipotesi di schematizzazione:

- Per lo scambio con il cielo si ipotizza che non vi siano rivestimenti basso emissivi esterni sui vetri delle finestre. Se sono presenti rivestimenti basso emissivi sulle superfici interne al serramento, questo non influisce sullo scambio verso il cielo.
- Nel caso di presenza contemporanea di tende esterne ed interne, si utilizza un fattore di riduzione degli apporti solari pari al minimo tra i due valori presenti in normativa (prospetto 14 della UNI 11300/1)

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
INV_1	Aggiungi componente opaco	%Al primo inserimento, comparirà soltanto questo tasto e quello successivo. Premere questo tasto per far comparire il blocco del primo componente.%	
FIN_8	Trasmittanza termica dell'intero serramento	%Scegliere se è nota o meno la trasmittanza termica dell'intero serramento, comprensiva della quota di area vetrata e della quota di area del telaio e della contributo del distanziatore e dell'interazione tra i vetri, non comprensiva degli eventuali ponti termici. Tale valore è indicato nella scheda tecnica del prodotto col simbolo $U_{w,ed}$ è inserito nella certificazione del produttore. La normativa di riferimento è la UNI EN ISO 10077.%	$[W/m^2K]$
FIN_10	Trasmittanza termica dell'area vetrata	%Inserire il valore di trasmittanza della superficie vetrata, comprensiva del contributo del distanziatore e dell'interazione tra i vetri, non comprensiva degli eventuali ponti termici. Tale valore può essere ricavato o dalla scheda tecnica della finestra o dalla normativa UNI TS 11300-1, prospetto C.1 dell'appendice C, ed è generalmente indicato col simbolo U_g .%	$[W/m^2K]$
FIN_11	Tipologia di telaio	%Scegliere tra le tipologie di telaio presenti in normativa per il calcolo della trasmittanza del	$[-]$

		telaio.%	
FIN_12	Trasmittanza termica del telaio	%Questa cella riporta la trasmittanza termica del telaio come da prospetto C.2 dell'appendice C della UNI TS 11300-1. Non vi sono differenze in funzione dello spessore di una stessa tipologia di telaio.%	[W/m ² K]
FIN_13	Trasmittanza termica dell'intero serramento	%Questa cella riporta la trasmittanza termica della finestra come valore pesato sull'area delle trasmittanze del telaio e della superficie vetrata.%	[W/m ² K]
FIN_14	Trasmittanza termica del serramento corretta	%Questa cella riporta la trasmittanza termica della finestra (telaio e vetro) corretta con la velocità del vento .%	[W/m ² K]
FIN_15	Trasmittanza termica della finestra con chiusura oscurante	%Scegliere se è nota o meno la trasmittanza termica dell'intero serramento che comprende sia la finestra (telaio e vetro) sia l'eventuale chiusura oscurante. Specificare se NON è presente alcuna chiusura oscurante o se ce n'è una caratterizzata da altissimo tasso di ventilazione (tipo persiane non regolabili, tende parasole esterne, frangisole a lamelle non regolabili, veneziane con grandi infiltrazioni) perché influisce sullo scambio con la volta celeste (vedi paragrafo..).%	[W/m ² K]
FIN_16	Valutazione qualitativa permeabilità della chiusura oscurante	%Scegliere la permeabilità della chiusura oscurante quando essa è chiusa. La valutazione è qualitativa e di difficile valutazione. Ricordare che le persiane tradizionali, le tende o i frangisole esterni NON sono chiusure oscuranti ad alta permeabilità, ma ad alta ventilazione.%	
FIN_19	TRASMITTANZA DELLA FINESTRA CON CHIUSURA OSCURANTE DA NORMATIVA	%Questa cella riporta la trasmittanza della finestra con chiusura oscurante presente e chiusa, con le resistenze aggiuntive segnalate in normativa UNI TS 11300-1 prospetto C.6 dell'appendice C.%	[W/m ² K]
FIN_20	Trasmittanza termica del serramento e chiusura corretta	%Questa cella riporta la trasmittanza della finestra con chiusura oscurante presente e chiusa (sia inserita dall'utente che calcolata da normativa) corretta con il valore del vento reale).%	[W/m ² K]
FIN_21	Trasmittanza termica pesata		
FIN_22	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della trasmittanza termica dell'intero serramento (vetro, telaio e chiusura oscurante se presente) pesato in funzione dell'utilizzo da parte dell'utenza della chiusura oscurante (f_{shut}) come definito nel foglio "PROFILO". In particolare l'equazione utilizzata per l'iesimo mese è: $U_{p,i} = f_{shut,i}U_{w+shut} + (1 - f_{shut,i})U_w$	[W/m ² K]
...	...		[W/m ² K]
FIN_33	Dicembre		[W/m ² K]

FIN_34	INFILTRAZIONI		
FIN_35	Tipologia di edificio	%Scegliere quale dei due modelli di edificio è maggiormente simile al caso in esame. Tale informazione serve per la stima della permeabilità all'aria dell'intera zona soggetta ad audit e quindi dei ricambi orari per infiltrazioni, secondo il modello presente nella revisione della UNI TS 11300-1, par. 12.3.%	[-]
FIN_37	NON COMPILARE/INSERISCI CLASSE DI PERMEABILITA	%Inserire una delle quattro classi di permeabilità secondo la UNI EN 12207, quella a cui appartiene il serramento. Se questo è classificato in modo diverso (ad esempio secondo la UNI 7979), impostare nel campo FIN_36 che il valore non è noto.%	[-]
FIN_38	APPORTI SOLARI		
FIN_42	Tipologia di tenda esterna	%Scegliere tra quelle proposte la tipologia di tenda esterna presente. INDICARE NEL MENU' A TENDINA ANCHE L'ASSENZA DI TENDE ESTERNE. Si ricorda che gli oggetti orizzontali/verticali esterni (anche pensiline fisse) NON sono considerati tende esterne, ma rientrano invece nel calcolo del fattore di ombreggiamento. Uno stesso elemento NON può determinare sia fattore di schermatura mobile che fattore di ombreggiamento.%	[-]
FIN_43	Tipologia di tenda interna	%Scegliere tra quelle proposte la tipologia di tenda interna presente. INDICARE NEL MENU' A TENDINA ANCHE L'ASSENZA DI TENDE INTERNE.%	[-]
FIN_46	Trasmittanza di energia solare normale	%Questa cella riporta, in funzione della tipologia di componente vetrato, la trasmittanza solare con irraggiamento normale alla superficie. Tale valore viene ripreso dalla normativa UNI TS 11300-1, par 14.3 prospetto 13.%	[-]
FIN_47	Fattore di esposizione		
FIN_48	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il fattore di esposizione attraverso cui si converte la trasmittanza solare normale alla superficie vetrata in trasmittanza solare reale, tenendo conto dell'angolo di incidenza del sole sulla superficie in funzione dell'orientamento della superficie e del mese dell'anno. Si rimanda al prospetto 20 della revisione della UNI TS 11300-1. %	[-]
...	...		[-]
FIN_59	Dicembre		[-]
FIN_60	Fattore di riduzione per schermature mobili		
FIN_61	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il fattore di riduzione dell'irraggiamento solare in ingresso per effetto della presenza e	[-]
...	...		[-]

FIN_72	Dicembre	dell'utilizzo delle schermature mobili interne (tende interne) e delle schermature mobili esterne (tende esterne). Nel caso di presenza e utilizzo sia di tende esterne che interne si considera il minimo dei fattori di riduzione degli apporti solari per schermatura. Il fattore viene quindi pesato sulle ore di utilizzo delle stesse schermature sull'irraggiamento solare presente sulla superficie in esame. Tali pesi sono ripresi dal prospetto 15, par. 14.3 della normativa UNI TS 11300-1. Tali pesi sono dati dal rapporto della somma dei valori di irradianza superiori a 300 W/m ² e la somma totale dei valori di irradianza giornalieri, interpolando quelli presenti per orientamenti intermedi con passo 10°. Si utilizza inoltre il dato di utilizzo medio della chiusura oscurante nelle ore di luce del giorno medio mensile (informazione chiesta nel foglio "PROFILO"), perché in tal caso si ipotizza che vi sia totale schermatura della radiazione solare in ingresso e quindi fattore nullo. Si riporta in coda alla scheda l'espressione totale del fattore di riduzione per schermature mobili e altri approfondimenti. %	[-]
FIN_73	Fattore di ombreggiatura per ostruzioni esterne		
FIN_74	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per ostruzioni esterne attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
...	...		[-]
FIN_85	Dicembre		[-]
FIN_86	Fattore di ombreggiatura radiazione diffusa per ostruzioni esterne	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per ostruzioni esterne attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
FIN_87	Fattore di ombreggiatura per aggetti orizzontali		
FIN_88	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per aggetti orizzontali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1 Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
...	...		[-]
FIN_99	Dicembre		[-]
FIN_100	Fattore di ombreggiatura radiazione diffusa per aggetti orizzontali	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per aggetti orizzontali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
FIN_101	Fattore di ombreggiatura per aggetti		

	verticali		
FIN_102	Gennaio	%Inserire, mese per mese, il fattore di ombreggiatura per aggetti verticali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
...	...		[-]
FIN_113	Dicembre		[-]
FIN_114	Fattore di ombreggiatura radiazione diffusa per aggetti verticali	%Inserire il fattore di ombreggiatura relativo alla radiazione diffusa per aggetti verticali attingendo dalle tabelle dell'appendice D della normativa UNI TS 11300-1. Per ulteriori accorgimenti vedi il paragrafo INPUT_INV_O.%	[-]
FIN_115	IRRAGGIAMENTO DIFFUSO	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento diffuso mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, calcolato in funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN. %	
FIN_128	IRRAGGIAMENTO DIRETTO	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento diretto mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, calcolato in funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN. %	
FIN_141	IRRAGGIAMENTO TOTALE	%Si riporta come risultato intermedio e informativo l'irraggiamento globale mese per mese incidente sulla superficie del componente opaco, come somma dei due precedenti e della quota riflessa, funzione dell'orientamento (INV_18), dell'inclinazione (INV_17), del coefficiente di albedo (INV_20) secondo la normativa UNI TR 11328, e richiamando i dati del foglio INPUT_GEN. %	
FIN_154	Dispersioni per trasmissione	%Queste celle riportano, mese per mese, come risultato finale del componente in esame, la quota di dispersione termica per trasmissione, espressi in kWh. All'interno di questa quota sono compresi gli scambi di calore con la volta celeste. Per ogni ulteriore dettaglio si rimanda al par. in coda. %	
FIN_167	Apporti solari	%Queste celle riportano, mese per mese, come risultato finale del componente in esame, la quota di apporti solari, espressi in kWh, calcolati secondo la UNI TS 11300-1. %	
FIN_180	Ricambio d'aria giornaliera media annuale per infiltrazioni del serramento/ CELLA VUOTA	%Questa cella riporta, se dal campo FIN_36 è nota la classe di permeabilità del serramento, la portata d'aria che per infiltrazione esce dal serramento, in funzione della sua classe di permeabilità. La cella non va compilata se non si conosce la classe di permeabilità del	[m ³ /h]

		serramento.%	
FIN_181	Generica permeabilità dell'intero involucro/CELLA VUOTA	%Questa cella riporta, in modo complementare al campo FIN_180, la generica permeabilità dell'intero involucro edilizio per la stima delle infiltrazioni d'aria. Questo dato viene ripreso dal par. 12.3.2 della revisione della UNI TS 11300-1 in funzione della tipologia di edificio, dal numero di facciate esposte al vento, dal grado di schermatura. Alcuni dati vengono richiamati dal foglio di calcolo I_VENT.%	[m ³ /h]
FIN_182	Portata giornaliera di aria esterna per apertura finestra	%Queste celle riportano, mese per mese, la portata complessiva di aria, misurata in m ³ , dovuta alle ventilazioni per l'apertura dei serramenti. Tale calcolo tiene conto dell'effettiva apertura da parte dell'utenza, così come richiesta e specificata nel foglio PROFILO. Si riporta l'equazione dettagliata nel paragrafo in coda....%	
FIN_195	Fabbisogno di energia termica per apertura finestra	%Queste celle riportano, mese per mese, il fabbisogno di energia termica collegata alla portata di aria esterna in ingresso per ventilazione riportata nelle celle soprastanti.%	
FIN_208	Aggiungi componente vetrato	% Con questo tasto si possono aggiungere in coda altri componenti opachi. Esso agisce anche per componenti opachi intermedi tra il primo e l'ultimo %	
FIN_209	Elimina componente vetrato	%Con questo tasto si può eliminare il componente appena inserito. Esso agisce anche per componenti opachi intermedi tra il primo e l'ultimo.%	

Dispersioni per ventilazione da apertura serramenti:

Si riporta per intero l'espressione della portata d'aria complessiva nel mese *i*esimo, espressa in m³, che esce dalla zona soggetta ad audit. Il calcolo adottato segue la normativa UNI EN ISO 15242.

$$Q_{vent,i} = \sum_{k=1}^{12} \left(3.6 * 500 * A_{ow} * \sqrt{0.01 + 0.001v^2 + 0.0035 * H * (|T_{est,i,k} - T_{set,i,k}|)} \right) * P_{i,k}$$

La variabile $P_{i,k}$ è il profilo di apertura orario (su due ore) del giorno medio mensile del mese *i*esimo specificato dall'utenza nel foglio PROFILO. Tale valore può essere nullo, se non si ha mai apertura sulle due ore, può essere unitario se invece sono sempre aperte e intermedio se l'apertura è su un periodo di tempo intermedio.

Le variabili A_{ow} , H e v rappresentano rispettivamente l'area apribile della finestra in esame, l'altezza dell'area apribile e la velocità del vento corretta.

La differenza di temperatura tra l'esterno e l'interno è calcolata anch'essa ogni due ore. In tal modo si riesce a pesare l'incidenza della ventilazione in periodi giornalieri in cui è preferibile (perché i due ambienti sono a temperatura simile) da quelli in cui invece si ha una grande dispersione termica, per quanto riguarda la stagione di riscaldamento.

Fattore di riduzione per schermature mobili:

Si riporta per chiarezza l'espressione del fattore di riduzione degli apporti solari per schermatura mobile mese per mese (espressione per l'*i*esimo mese, $f_{sc,i}$):

$$f_{sc,i} = (1 - P_{medio,i}) \left[(1 - f_{sh,with}) + f_{sh,with} \left(\frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}} \right)_{tendainterna} \left(\frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}} \right)_{tendaesterna} \right]$$

La variabile $P_{medio,i}$ è il profilo di utilizzo medio sulle ore di luce, mese per mese, della chiusura oscurante. Nel caso in cui la chiusura oscurante sia effettivamente chiusa ($P_{medio,i}=1$) la riduzione degli apporti solari è massima e il fattore di riduzione è nullo.

La variabile $f_{sh,with}$ rappresenta la frazione di tempo in cui la schermatura/le schermature sono utilizzate rispetto al totale giornaliero. Tale frazione di tempo viene pesata in funzione dell'irraggiamento esterno presente al momento dell'uso della schermatura. Se la schermatura viene utilizzata quando si ha grande irraggiamento ad esempio si ha un fattore riduttivo maggiore rispetto ad un uso in fasce serali, a parità di tempo di utilizzo. In questo lavoro si è utilizzato i pesi presenti nel prospetto 15, par. 14.3 della normativa UNI TS 11300-1, dati dal rapporto della somma dei valori di irradianza superiori a 300 W/m² e la somma totale dei valori di irradianza giornalieri.

Le variabili $\left(\frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}} \right)_{tendainterna}$ e $\left(\frac{g_{gl+sh}}{g_{gl}} \right)_{tendaesterna}$ sono date dal prospetto 14 del par. 14.3.3 della normativa UNI TS 11300-1 e rappresentano il rapporto tra le trasmittanze di energia solare con e senza tenda.

Foglio di lavoro “I_VENT”

In questo foglio di lavoro si calcolano i ricambi d’aria esterna medi mensili dovuti ad infiltrazioni attraverso i serramenti e le ventilazioni dovute all’apertura degli stessi.

Si sono proposti due metodi di stima delle infiltrazioni e ventilazioni.

La prima procedura (procedura realistica) prevede la suddivisione dei contributi per infiltrazioni e per ventilazioni. Ci si basa, per la prima quota, sulla revisione della normativa UNI/TS 11300-1 (si rimanda al paragrafo in fondo alla scheda per le espressioni di base utilizzate). Per le ventilazioni invece si utilizza il metodo più vicina al caso reale riportato nella normativa UNI EN 15242:2008.

La seconda procedura (procedura in condizioni di riferimento) ipotizza invece che ci sia una immissione d’aria esterna pari o maggiori di quelli minimi per garantire una buona qualità dell’aria, riportati nella normativa UNI 10339, suddivisi in base ad ogni destinazione d’uso. Gli stessi valori sono riportati nella revisione della UNI/TS 11300-1 per valutazioni energetiche standard. Tale immissione, poiché definisce un requisito, si considera che sia comprensiva di infiltrazioni e ventilazioni.

L’auditor può avvalersi soltanto della procedura realistica, oppure può fare entrambe le procedure. Infine gli viene chiesto quale delle due (nel caso le abbia fatte entrambe) intende adottare.

Ipotesi di schematizzazione:

- Infiltrazioni dai serramenti costanti in tutte le ore del giorno , come da revisione della normativa UNI TS 11300-1.
- Non si considerano classificazioni della permeabilità dei serramenti antecedenti a quella secondo la normativa UNI EN 12207:2000 (ad esempio UNI 7979:1979).

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
VENT_1	Sceita procedura adottare della da	%Scegliere se effettuare soltanto il calcolo realistico della portata d’aria di ricambio per infiltrazione e per ventilazione (procedura realistica) oppure se effettuare anche una valutazione delle portate d’aria richieste di progetto secondo la normativa UNI 10339.%	
VENT_2	COMPILA LA SEZIONE SUCCESSIVA/ CAMPO NULLO	% In funzione della scelta da parte dell’utente di effettuare o meno entrambe le procedure proposte (campo VENT_1), questo campo riporta i due diversi comandi. Nel caso si voglia effettuare soltanto la procedura realistica si visualizzano i campi VENT_3→VENT_29, trascurando il resto (nel campo VENT_30 risulterà il comando “NON COMPILARE”). Altrimenti, va compilata anche la seconda parte.%	
VENT_3	INFILTRAZIONI	%La seguente sezione riporta i campi per l’inserimento dati per il calcolo della portata d’aria esterna in ingresso per infiltrazioni. Il calcolo delle infiltrazioni non cambia a seconda della procedura che si vuole adottare e va quindi effettuato sia per la procedura realistica sia per il calcolo anche con la verifica secondo normativa UNI 10339.%	
VENT_8	Tasso di infiltrazione medio annuale da infissi	%Questa cella riporta la somma delle portate orarie d’aria esterna in ingresso nella zona per infiltrazione su tutti i serramenti inseriti nel foglio INPUT_INV_F, nel campo FIN_180. Se tutti i campi FIN_180 sono nulli, ovvero se tutti i serramenti non hanno classe di permeabilità nota, allora si adotta il valore	[m ³ /h]

			di permeabilità dell'intero involucro dato dal campo FIN_181, che sarà identico per tutti i serramenti dato che è caratteristico della zona. Se invece si ha una situazione intermedia (alcuni serramenti di cui è nota la permeabilità, altri di cui non è nota), allora per questi ultimi viene pesata la permeabilità generale della zona sull'area. Si riporta per chiarezza la formula utilizzata: $Inf = \sum_i^{N^{\circ} \text{serramenti}} Infnota_i + \frac{Infinv * A_i}{A_{tot}}$ %	
VENT_9	Ricambio giornaliera annuale infiltrazioni	d'aria media per	%Questa cella riporta la quantità di aria che nel giorno medio annuale entra per infiltrazione dai serramenti della zona. E' data dalla moltiplicazione del tasso di infiltrazione medio annuale per le 24 ore di una giornata.%	[m ³]
VENT_10	Tasso di ricambio d'aria per infiltrazioni		%Questa cella riporta il tasso di ricambio d'aria per infiltrazioni della zona. Questo dato si ottiene dividendo il campo VENT_9 per il volume netto della zona.%	[1/h]
VENT_11	VENTILAZIONI		%Le celle sottostanti riportano la procedura realistica di calcolo delle ventilazioni della zona per apertura dei serramenti.%	
VENT_12	Ricambio giornaliera mensile ventilazione	d'aria media per	%Le celle a seguire riportano, mese per mese, la quantità di aria esterna nel giorno medio mensile, misurata in m ³ , in ingresso nella zona per apertura dei serramenti, seguendo i calcoli relativi alla procedura realistica specificati nel paragrafo in coda.%	
VENT_25	Portata giornaliera annuale ventilazione	d'aria media per	%Questa cella riporta la quantità di aria esterna nel giorno medio annuale, misurata in m ³ , in ingresso nella zona per apertura dei serramenti, seguendo i calcoli relativi alla procedura realistica specificati nel paragrafo in coda. Tale valore si ottiene moltiplicando i valori nel giorno medio mensile dei campi VENT_12 e dividendoli per 365 (per effettuare la media annuale).%	[m ³]
VENT_26	Tasso di ricambio d'aria per ventilazione		%Questa cella riporta il tasso di ricambio d'aria per ventilazioni della zona. Questo dato si ottiene dividendo il campo VENT_25 per il volume netto della zona.%	[1/h]
VENT_27	INFILTRAZIONI E VENTILAZIONI			
VENT_28	Portata d'aria totale per infiltrazione e ventilazione		%Questa cella riporta semplicemente la somma della portata d'aria nel giorno medio annuale totale (per infiltrazioni e per ventilazioni).%	[m ³ /h]
VENT_29	Tasso di ricambio d'aria per infiltrazione e ventilazione		%Questa cella riporta il tasso di ricambio d'aria per infiltrazioni e ventilazioni della zona. Questo dato si ottiene dividendo il campo VENT_28 per il volume netto della zona.%	[1/h]
VENT_30	COMPILA PROCEDURA SECONDO 10339/ COMPILARE	UNI NON	% In funzione della scelta da parte dell'utente di effettuare o meno entrambe le procedure proposte (campo VENT_1), questo campo riporta i due diversi comandi. Nel caso si voglia effettuare soltanto la procedura realistica questo campo indicherà di non compilare. Altrimenti, va compilato tutto.%	
VENT_31	INFILTRAZIONI E VENTILAZIONI	IN	%Questa sezione si articola su nove (numero massimo di locali contemporaneamente presenti su una stessa categoria di	

	CONDIZIONI DI RIFERIMENTO	edificio) blocchi di inserimento di locale. Per ogni categoria d'uso dell'edificio, l'auditor inserirà le tipologie di locale presenti, specificando il volume netto e la superficie calpestabile o il numero di utenti per ogni tipologia di locale. Nel caso di categorie di edificio (ad esempio Cat. E.1.2, abitazioni) che prevedono una sola tipologia di locale, tutti i successivi blocchi si devono lasciare non compilati.%	
VENT_32	Tipologia di locale	%Scegliere la tipologia di locale, considerando prima di tutto la categoria dell'edificio.%	[-]
VENT_33	Fattore di correzione per la ventilazione	%Questa cella riporta il fattore di correzione della ventilazione ($f_{ve,t}$), presente nella revisione della normativa UNI /TS 11300-1, che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria esterna e che tiene conto di un profilo di utilizzo medio e delle infiltrazioni che si hanno quando non si ha aerazione.%	[-]
VENT_34	Volume netto per tipologia di locale/NON COMPILARE	%Inserire la somma su tutti i locali della tipologia selezionata nel campo VENT_32 del loro volume netto. Nel caso di locali adibiti ad uso cucina o deposito libri, nelle categorie di edificio interessate, non deve essere compilato questo campo.%	[m ³]
VENT_35	Superficie calpestabile per tipologia locale/NON COMPILARE	%Inserire la somma su tutti i locali della tipologia selezionata nel campo VENT_32 della loro superficie calpestabile. Tale opzione compare soltanto nel caso di locali adibiti ad uso cucina o deposito libri, nelle categorie di edificio interessate.%	[m ²]
VENT_36	Numero di utenti medio per tipologia di locale	%Inserire il numero di utenti medio dei locali selezionati nel campo VENT_32.%	[-]
VENT_37	Portata d'aria per tipologia di locale	%Questa cella riporta la portata d'aria esterna minima necessaria a garantire le condizioni di igiene secondo la normativa UNI 10339, per la tipologia di locali selezionati nel campo VENT_32.%	[m ³ /s]
VENT_86	Portata esterna d'aria richiesta	%Questa cella riporta la somma delle portate d'aria esterne necessarie per garantire igiene secondo la normativa Uni 10339, su tutte le tipologie di locale presenti nella zona soggetta ad audit. Viene utilizzato anche il dato di altezza sul livello del mare della zona (campo GEN_16) per la correzione prevista dalla normativa.%	[m ³ /h]
VENT_87	Tasso di ricambio d'aria totale richiesto	%Questa cella riporta il tasso di ricambio d'aria per infiltrazioni e ventilazioni della zona secondo la procedura da UNI 10339. Questo dato si ottiene dividendo il campo VENT_86 per il volume netto della zona.%	[1/h]
VENT_88	SCEGLI PROCEDURA DA ADOTTARE	%In questa cella, soltanto nel caso in cui l'auditor abbia effettuato entrambe le procedure (realistica e da normativa UNI 10339), deve essere effettuata la scelta di quale procedura delle due adottare definitivamente. Questo campo è funzione della scelta effettuata nel campo VENT_1. %	
VENT_89	Ricambio giornaliera mensile ventilazione	%Nelle celle a seguire, mese per mese, è riportato il risultato intermedio della quantità di aria esterna in ingresso nella zona a causa di infiltrazioni e ventilazioni espresso in m ³ .%	

Procedura di calcolo della portata esterna per i requisiti minimi secondo UNI 10339.

Si riporta qui il metodo di calcolo della portata di aria esterna per garantire le condizioni igieniche standard. Si fa riferimento alle portate minime di progetto di aria esterna presentate nel prospetto III della UNI 10339:1995, relative alle varie categorie di edifici.

In particolare la formula della portata minima di progetto ($q_{ve,0}$) in caso di ventilazione naturale è data dalla seguente formula:

$$q_{ve,0} = (n_p * q_{op}) * C_2$$

$$q_{ve,0} = (A_f * q_{os}) * C_2$$

Dove q_{op} e q_{os} indicano la portata di aria esterna o di estrazione minima in funzione delle persone presenti (n_p) o alternativamente della superficie netta per assicurare accettabili livelli di benessere per gli occupanti secondo la normativa UNI 10339:1995; A_f invece indica la superficie utile servita dalla ventilazione. Si ricorda che un valore esclude l'altro: o si ha la portata minima q_{op} o si ha la portata minima q_{os} . Il coefficiente C_2 invece è funzione dell'altitudine del sito ed è riportato nel prospetto IV della normativa UNI 10339:1995

Per gli edifici residenziali la portata minima di progetto ($q_{ve,0}$) può essere espressa in funzione del tasso di ricambio d'aria:

$$q_{ve,0} = n * V / 3600$$

dove si assume un ricambio orario (n) di $0,5 \text{ h}^{-1}$. Per gli edifici residenziali non vengono considerati impianti di ventilazione (e quindi non comportano carichi termici aggiuntivi rispetto a quanto detto sopra) i sistemi di estrazione nei bagni e nelle cucine ad uso saltuario.

Il calcolo della prestazione energetica dell'edificio nel caso di ventilazione naturale prevede che le portate di ventilazione in condizioni di riferimento sopra calcolate siano moltiplicate per un opportuno fattore di correzione (f_{ve}) che rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il ricambio d'aria. Esso stima e tiene conto dell'effettivo profilo di presenza delle ventilazioni e delle infiltrazioni all'interno della zona oggetto della diagnosi. I valori correttivi sono riportati nel prospetto E.2 in base alla categoria di edificio. Nel caso di edifici per abitazione civile il fattore correttivo può essere assunto pari a 0,6 secondo la revisione della normativa UNI/TS 11300-1.

Il risultato della procedura 1 fornisce un valore medio mensile del ricambio orario per ventilazione dato da:

$$n = n_{pr} * f_{ve}$$

Procedura realistica per il calcolo della quantità di aria in ingresso per infiltrazioni

La procedura per il calcolo della quantità di aria in ingresso alla zona per infiltrazioni si suddivide in due casi, ma entrambi seguono la seguente espressione di calcolo:

$$q_{ve,0} = n_{50} * V * e / 3600$$

dove n_{50} è il ricambio d'aria risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra interno ed esterno, V è il volume netto della zona e con il coefficiente e si indica il coefficiente di esposizione al vento.

Nel primo caso, per cui si conosce la classe di permeabilità del serramento, il valore n_{50} di ricambio d'aria è dato dalle classi di permeabilità degli infissi presenti secondo la norma UNI EN 12207:2000 "Finestre e porte – Permeabilità all'aria – Classificazione".

Nel secondo caso invece, valido per i casi in cui non si conosca la permeabilità all'aria anche soltanto di un serramento, si utilizzano i valori riportati nei prospetti 9 e 10 della revisione.

Procedura realistica per il calcolo della quantità di aria in ingresso per ventilazioni

La normativa UNI EN 15242:2008 prescrive la seguente equazione, in funzione della velocità del vento (v_m), della temperatura interna ed esterna (θ_i e θ_e), della superficie apribile della finestra (A_{ow}) e dell'altezza dell'area apribile (H_{ow}) e del volume netto della zona (V_n):

$$n_{\text{air}} = (3.6 \cdot 500 \cdot A_{\text{ow}} \cdot V^{0.5}) / V_n \quad [1/h]$$

dove la variabile V è data dalla seguente equazione:

$$V = 0.01 + 0.001 \cdot V_m^2 + 0.0035 \cdot H_{\text{ow}} \cdot |\theta_i - \theta_e|$$

Nel caso di finestre a singolo battente, la superficie apribile è pari a quella della finestra stessa; nel caso di finestre vasistas (ovvero con apertura alta), occorre calcolare la superficie apribile in funzione dell'angolo di apertura (α) nel seguente modo:

$$A_{\text{ow}} = A_w \cdot c_k(\alpha)$$

dove A_w è la superficie del serramento completamente aperto e $c_k(\alpha)$ è un coefficiente che segue l'equazione:

$$C_k(\alpha) = 2.60 \cdot 10^{-7} \cdot \alpha^3 - 1.19 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 + 1.86 \cdot 10^{-2} \cdot \alpha$$

Foglio di lavoro "INPUT_INV_TERRA"

Questa scheda va compilata soltanto nel caso in cui la zona soggetta ad audit ha elementi che confinano con il terreno (pareti verticali o pavimento) o per pavimento su intercapedine (con intercapedine non riscaldata chiaramente), con intercapedine ventilata soltanto con aria esterna in modo naturale. Nel caso di zone confinanti soltanto con altre zone o con l'esterno o per pareti che confinano con intercapedini o con spazi ventilati, questa scheda NON va compilata in nessuna sua parte.

La normativa di riferimento utilizzata per ogni calcolo e citata è la UNI EN ISO 13370:2001, Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo. In particolare le tipologie di pavimento qui trattate sono quelle presenti nella normativa e qui riportate in figura. Per semplicità si sono utilizzati gli stessi simboli di quelli presenti in normativa.

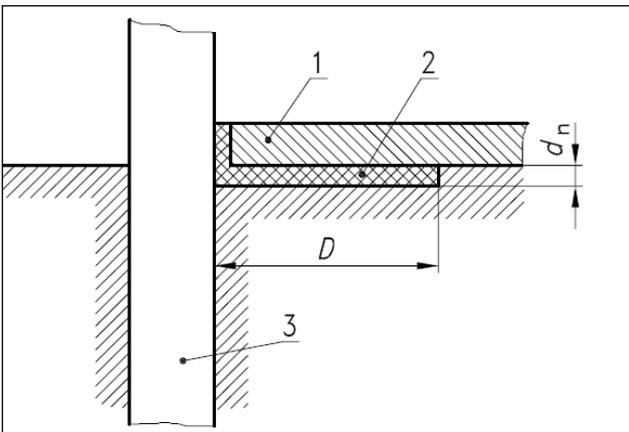


Figura 1: Pavimento con isolamento orizzontale

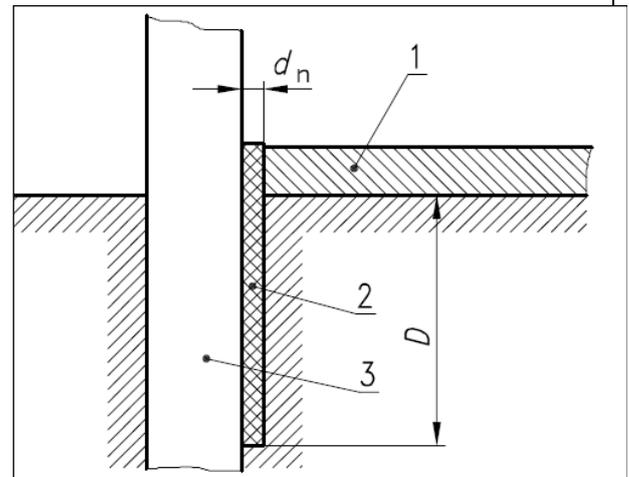


Figura 2: Pavimento con isolamento verticale

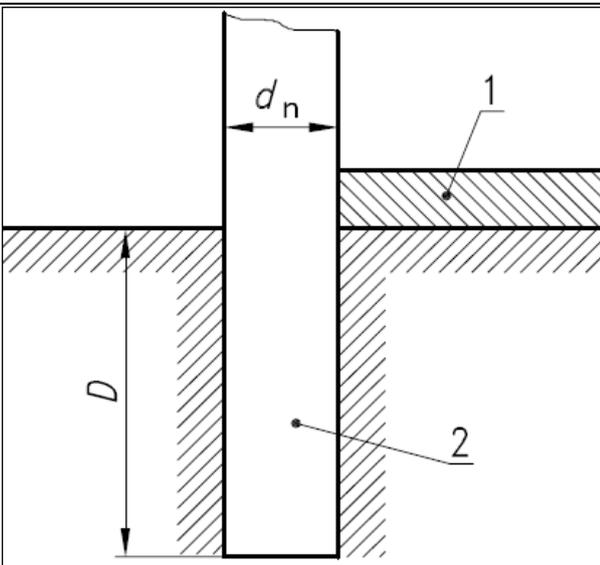


Figura 3: Pavimento senza isolamento

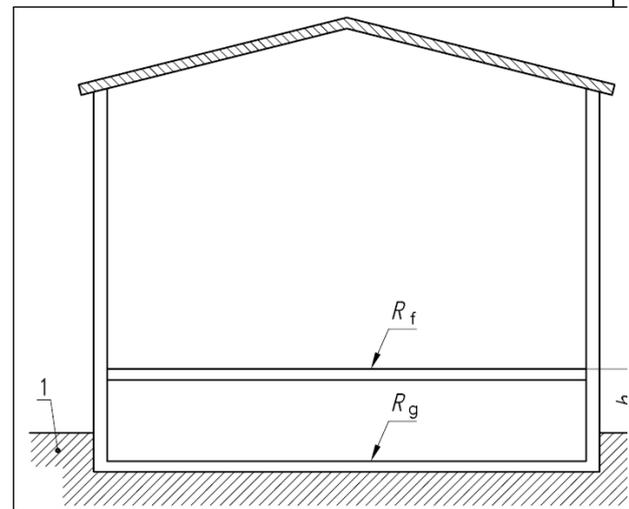


Figura 4: Pavimento su intercapedine

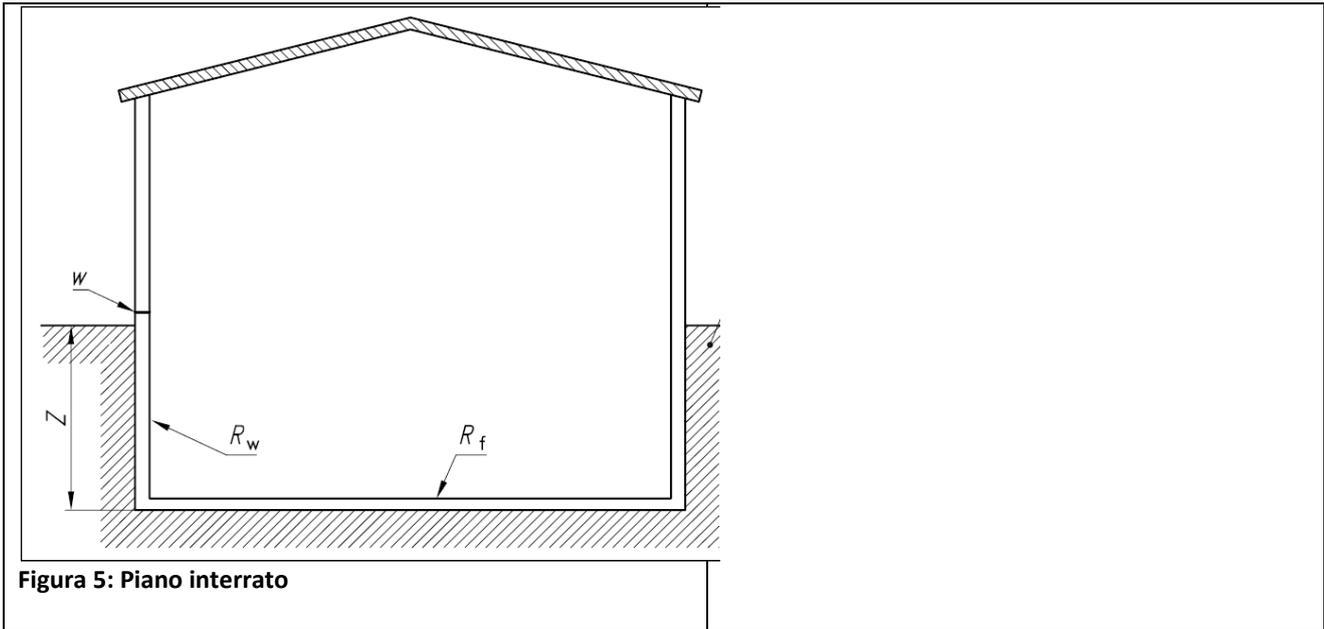


Figura 5: Piano interrato

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
TER_2	Il pavimento dell'edificio è interrato?	%Scegliere se il pavimento della zona è interrato oppure no (controterra, su pilotis, su intercapedine...). Se il pavimento è interrato, si considera che ci siano anche delle pareti interrate e quindi occorre compilare anche la seconda sezione. Se la zona in esame non è al piano terra (ad esempio per appartamenti centrali di un condominio), non compilare proprio la scheda.%	
TER_3	COMPILA QUESTA SEZIONE	%In funzione del campo TER_2, questo campo comanda di compilare o meno questa prima parte relativa al pavimento (campi TER_4:TER_51).%	
	CARATTERISTICHE PAVIMENTO		
TER_4	Tipo di pavimento	%Scegliere nel menù a tendina la tipologia di pavimento presente. Si distinguono tre diverse tipologie di pavimento contro terra, quello non isolato o uniformemente isolato; quello con isolamento perimetrale orizzontale; quello con isolamento perimetrale verticale. Si può far riferimento alle figure riportate in coda. Se si sceglie il pavimento interrato occorre compilare anche la sezione relativa alle pareti interrate.%	
TER_5	Area del pavimento	%Inserire l'area netta interna del pavimento.%	[m ²]
TER_6	Perimetro del pavimento	%Inserire il perimetro interno del	[m]

		pavimento (al netto delle pareti perimetrali).%	
TER_7	Spessore medio delle pareti a contatto	%Inserire lo spessore medio delle pareti perimetrali verticali che insistono sul pavimento in analisi.%	[m]
TER_8	Conduttanza termica del pavimento	%Inserire la conduttanza termica della soletta del pavimento, escludendo, nella stratigrafia, lo strato di calcestruzzo magro o ghiaia e il terreno. Si ricorda che la conduttanza è data dall'inverso delle resistenze termiche escludendo quelle liminari interna ed esterna.%	[W/m ² K]
TER_9	Resistenza liminare interna	%Questa cella riporta le resistenze liminari lato interno del pavimento o della parte sospesa del pavimento nel caso sia su intercapedine. In questo ultimo caso si utilizza il valore per flusso di calore discendente (valori da normativa UNI 6946). Altrimenti si utilizza il valore per flusso di calore ascendente (valori da normativa UNI 6946). %	[m ² k/W]
TER_10	Resistenza liminare esterna per pavimento	%Questa cella riporta le resistenze liminari lato esterno del pavimento o della parte sospesa del pavimento nel caso sia su intercapedine. In questo ultimo caso si utilizza il valore per flusso di calore discendente (valori da normativa UNI 6946). Altrimenti si utilizza il valore per superficie esterna (valori da normativa UNI 6946), tenendo conto della velocità del vento considerata (campo GEN_25).%	[m ² k/W]
TER_12	Conduttività del terreno/NON COMPILARE	%Questa cella richiede, in funzione della conoscenza o meno della conduttività del terreno (campo TER_11), l'inserimento la conduttività del terreno.%	[W/mK]
TER_13	Tipo di terreno presente /NON COMPILARE	%Questa cella richiede, in funzione della conoscenza o meno della conduttanza del terreno (campo TER_11), la scelta del tipo di terreno presente (argilla, arenaria o altro).%	[-]
TER_14	Conduttività termica secondo la Normativa/NON COMPILARE	%Questa cella riporta, nel caso la conduttività del terreno non sia nota, il valore riportato in normativa, in funzione del tipo di terreno (TER_13).%	[W/mK]
TER_15	Inserire la larghezza dell'isolamento orizzontale o, in assenza di isolamento, la profondità della parete di fondazione(D)/NON COMPILARE	%In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, inserire il dato richiesto facendo riferimento alle figure presenti in normativa e riportate in coda.%	[m]

TER_16	Inserire la larghezza dell'isolamento verticale o, in assenza di isolamento, la profondità della parete di fondazione (D) /NON COMPILARE	%In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, inserire il dato richiesto facendo riferimento alle figure presenti in normativa e riportate in coda.%	[m]
TER_17	Inserire lo spessore dell'isolamento o, in assenza di isolamento, della parete di fondazione (d _n)/NON COMPILARE	%In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, inserire il dato richiesto facendo riferimento alle figure presenti in normativa e riportate in coda.%	[m]
TER_18	Inserire la resistenza termica dell'isolamento perimetrale o, in assenza di isolamento, della parete di fondazione/NON COMPILARE	%Si precisa che la resistenza da inserire è esclusivamente quella data dallo spessore di isolante presente e non vanno incluse le resistenze liminari.%	[m ² K/W]
TER_19	Inserire la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento (U _f)/NON COMPILARE	%Si precisa che la trasmittanza della parete sospesa del pavimento (parete f in figura...) deve essere comprensiva delle resistenze liminari.%	[W/m ² K]
TER_20	Inserire la conduttanza termica delle pareti dell'intercapedine sopra il livello del terreno esterno/NON COMPILARE	%Si nota che spesso le pareti dell'intercapedine sono, in termini di stratigrafia e di trasmittanza, identiche a quelle portanti perimetrali dell'edificio, per cui questo valore è già noto.%	[W/m ² K]
TER_21	Inserire l'altezza della superficie superiore del pavimento sopra il livello del terreno esterno (h)/NON COMPILARE	%In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, e solo per avimento su intercapedine inserire il dato richiesto facendo riferimento alle figure presenti in normativa e riportate in coda.%	[m]
TER_23	Inserire il perimetro dell'intercapedine/NON COMPILARE	%Si precisa che spesso questo dato coincide con quello del pavimento.% Anzi sempre!	[m]
TER_24	Localizzazione dell'edificio/NON COMPILARE	% In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, e solo per avimento su intercapedine, scegliere se l'edificio è ubicato in centro città in periferia o in altri contesti.%	[-]
TER_25	Inserisci conduttanza del pavimento sul fondo dell'intercapedine/NON COMPILARE	% In funzione della scelta effettuata nel campo TER_4, e solo per pavimento su intercapedine, inserire la conduttanza del pavimento sul fondo dell'intercapedine.%	[-]
TER_26	Coefficiente di schermatura/NON COMPILARE	%In funzione del campo TER_24, viene calcolato secondo normativa il coefficiente di schermatura per pavimenti con intercapedine. Nel caso di pavimenti diversi questo campo risulta vuoto.%	[-]
TER_27	Inserire la profondità media del pavimento del piano interrato rispetto al livello del terreno z/NON COMPILARE	%Nel caso di pavimento interrato (scelta effettuata nel campo TER_4), inserire la profondità media del pavimento rispetto al piano campagna. Se si hanno profondità diverse (edificio su un declivio), inserire una media pesata sulla	[m]

		lunghezza delle pareti nel perimetro totale.%	
TER_28	Dimensione caratteristica del pavimento B'	%Questa cella riporta la dimensione caratteristica del pavimento, come definita nella normativa, data dal rapporto tra area del pavimento e il suo semiperimetro.%	[m]
TER_29	Spessore equivalente del pavimento d_t	%Questa cella riporta lo spessore equivalente del pavimento, come definito nella normativa, calcolato in funzione dei campi TER_12 (o TER_14), TER_11, PCT_3 e GEN_23.%	[m]
TER_30	Spessore equivalente aggiuntivo d'	% Questa cella riporta lo spessore equivalente aggiuntivo dovuto allo strato di isolamento, se siamo in presenza di pavimento isolato, secondo quanto previsto dalla normativa.%	[m]
	Calcolo coefficiente globale di scambio U_0 (esclusi i ponti termici)		
TER_32	Trasmittanza per pavimenti controterra (U_0)	%Questa cella riporta la trasmittanza termica di base per pavimenti contro terra. In assenza di isolamento, tale valore coincide con la trasmittanza definitiva del pavimento. Altrimenti occorre sommare a questo valore il contributo per isolamento (campo TER_33). %	[W/m ² K]
TER_34	Trasmittanza del pavimento sul fondo dell'intercapedine, U_g	%Questa cella riporta la trasmittanza del pavimento alla base dell'intercapedine. Se la profondità dell'intercapedine è più di 0.5 metri sotto il livello del terreno, questo metodo di calcolo della trasmittanza non è più accettabile e si rimanda direttamente alla normativa.%	[W/m ² K]
TER_36	Trasmittanza per globale del pavimento su intercapedine (U_0)	%Questa cella riporta la trasmittanza globale termica pavimento, nel caso il campo TER_4 abbia indicato una tipologia di pavimento su intercapedine, in funzione dei campi TER_34 e TER_35.%	[W/m ² K]
TER_37	Trasmittanza del pavimento interrato U_{bf}	%Questa cella riporta la trasmittanza termica del pavimento, nel caso il campo TER_4 abbia indicato una tipologia interrata.%	[W/m ² K]
TER_38	Coefficiente di accoppiamento termico	%Questa cella riporta il coefficiente di dispersione termica (o di accoppiamento) dato semplicemente dal prodotto dei campi PCT_8 e PCT_5.%	[W/K]
TER_39	Dispersioni per trasmissione pavimento		
TER_40	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese,	[kWh]

...	...	la dispersione termica attraverso il pavimento.%	
TER_51	Dicembre		[kWh]

Si riporta adesso la parte di manuale relativa alle pareti verticali dello spazio riscaldato della zona che confinano con il terreno. In particolare questa parte va compilata quando si ha un pavimento interrato.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
PCT_1	INSERISCI PARETE INTERRATA/ NON COMPILARE QUESTA SEZIONE E PASSA ALLA SCHEDA SUCCESSIVA	%Se nel campo TER_2 viene indicato che è presente un pavimento interrato, allora si suppone che vi siano delle pareti interrate e occorre quindi compilare questa sezione, aggiungendo un numero di pareti opportuno in funzione della differenza in termini di trasmittanza e spessore, delle stesse. Se si ha una stessa tipologia di parete interrata è sufficiente inserire solo una parete, sommando le superfici a contatto con il terreno.%	
PCT_2	Aggiungi parete interrata	%Al primo inserimento, comparirà soltanto questo tasto e quello successivo. Premere questo tasto per far comparire il blocco del primo componente.%	
PCT_3	Sigla parete verso terreno	%Inserire una sigla univocamente attribuita alla prima parete interrata.%	[-]
PCT_4	Conduttanza della parete	%Inserire la conduttanza termica della parete a contatto con il terreno. Si ricorda che la conduttanza è data dall'inverso delle resistenze termiche escludendo quelle limitari interna ed esterna.%	[W/m ² K]
PCT_5	Spessore della parete a contatto con il terreno	%Inserire lo spessore della parete a contatto con il terreno.%	[m]
PCT_6	Superficie della parete a contatto con il terreno	%Inserire la superficie della parete a contatto con il terreno. Se si tratta di una tipologia di parete unica per tutte le pareti, inserire qui la somma delle superfici delle pareti di quella tipologia. Si ricorda che una stessa parete se in parte è a contatto con il terreno e in parte è esterna, va suddivisa in due pareti e qui va inserita soltanto la quota a contatto col terreno%	[m ²]
PCT_7	Altezza media della parete (partendo dal pavimento) a contatto con il terreno	%Inserire l'altezza della quota interrata della parete rispetto al piano campagna. Se sono presenti più pareti con livelli di interramento diversi (edificio situato su un declivio o altro), inserire una quota media di interramento.%	[m]
PCT_10	Spessore equivalente delle pareti d _w	%Questa cella riporta lo spessore equivalente delle pareti interrate, come definito nella normativa, calcolato in funzione dei campi TER_12 (o TER_14), TER_11, PCT_3 e GEN_23.%	[m]
PCT_12	U _{bw} per piani interrati riscaldati	%Questa cella riporta la trasmittanza termica della parete in esame a contatto con il terreno.%	[W/m ² K]
PCT_13	Coefficiente di accoppiamento termico	%Questa cella riporta il coefficiente di dispersione termica (o di accoppiamento) dato semplicemente dal prodotto dei campi PCT_8 e PCT_5.%	[W/K]
PCT_14	Dispersioni per trasmissione		

	pareti terra	contro		
PCT_15	Gennaio		%Queste celle riportano, mese per mese, la dispersione termica attraverso la parete interrata in esame. %	[kWh]
...	...			[kWh]
PCT_26	Dicembre			[kWh]
PCT_27	Aggiungi interrata	parete	% Con questo tasto si possono aggiungere in coda altre pareti controterra. Esso agisce anche su pareti intermedie tra la prima e l'ultima. %	
PCT_28	Elimina interrata	parete	%Con questo tasto si può eliminare una parete contro terra appena inserito. Esso agisce anche su pareti intermedie tra la prima e l'ultima. %	

Foglio di lavoro "INPUT_PT"

Questo foglio di lavoro è strutturato in moduli, per permettere all'utente l'inserimento modulare di tutti i ponti termici dell'edificio. L'utente inserirà un nuovo ponte termico per ogni componente con diverse caratteristiche principalmente in termini di trasmittanza lineica e ambiente adiacente. E' lasciata grande libertà all'utente, che, per brevità, può raggruppare ponti termici simili per alcune caratteristiche, come invece suddividerli se ne vuole analizzare i contributi in modo dettagliato. Per ogni ponte termico, al termine dell'inserimento dei dati di input, si hanno dei risultati intermedi e finali utili per una maggiore suddivisione dei risultati finali e per una comodità di calcolo. Ogni volta che viene aggiunto o eliminato un ponte termico si ha un aggiornamento del conteggio nella cella "contatore" che poi determina l'indice della somma finale dei contributi del bilancio energetico.

Ipotesi

Si trascurano i ponti termici puntuali e si considerano soltanto quelli lineari.

Per le dimensioni dei ponti termici si fa riferimento a quanto indicato nell'atlante.

Per i ponti termici di confine con ambienti non riscaldati o diversamente riscaldati, si consideri comunque l'intera lunghezza del ponte termico e si adotti però un fattore non unitario per la correzione della temperatura.

N° campo	Campo	Campo	Unità di misura
PT_1	Aggiungi ponte termico		
PT_2	Sigla ponte termico	%Inserire una sigla univocamente attribuita al ponte termico.%	[-]
PT_3	Ambiente adiacente	%Scegliere l'ambiente adiacente al lato non interno del ponte termico. La scelta è tra quelle proposte dalla UNI TS 11300-1 par. 11.2 o, nel caso di locale condizionato di cui sia nota la temperatura di set point, quella inserita dall'utente. Nel caso invece di locale adiacente non condizionato, si considera una temperatura interna pari a quella esterna.%	[-]
PT_4	Fattore b	%Questa cella riporta il valore del fattore correttivo della temperatura se l'ambiente adiacente (campo PT_3) è uno di quelli presenti in normativa (par 11.2 della UNI/TS 11300-1), inclusi i valori per ambienti controterra.%	[-]
PT_5	NON COMPILARE/ INSERISCI LA TEMPERATURA DEL LOCALE CONDIZIONATO	%Inserire, se nota, la temperatura del locale condizionato adiacente. Il campo è uno di quelli segnati in funzione del campo PT_4%	[°C]
PT_6	NON COMPILARE/ INSERISCI FATTORE B DEL LOCALE NON CONDIZIONATO	%Inserire, se il locale adiacente è non condizionato, il fattore di correzione della temperatura, preventivamente calcolato a mano mese per mese e medio sulla stagione.%	[-]
PT_7	Trasmittanza termica lineica	%Inserire il valore di trasmittanza termica lineica del ponte termico in esame. Secondo la revisione della normativa UNI TS 11300/1 non possono essere adottati i valori presenti nell'abaco della normativa UNI EN ISO 14683, ma occorre adottare i valori riportati in specifici Atlanti conformi con	[W/mK]

		<p>quanto stabilito da tale Normativa. A tal proposito, si suggerisce l'utilizzo dei seguenti Atlanti, consultabili gratuitamente su Internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atlante Svizzero "Catalogue des ponts thermiques" http://www.lesosai.com/download/Warmebrucke_nkatalog_f.pdf; - Atlante Francese "ReglesTh-U pour les batiments existants" http://www.rt-batiment.fr/fileadmin/documents/RT_existant/globale/ThU-Ex_5%20fascicules.pdf 	
PT_8	Lunghezza del ponte termico	%Inserire il valore della lunghezza interna del giunto a cui si applica il ponte termico.%	[m]
PT_9	Dispersione del ponte termico	%Le celle successive a questa riportano, mese per mese, come risultato finale del componente in esame, la quota di dispersione termica per trasmissione, espressi in kWh.%	
PT_22	Aggiungi ponte termico	% Con questo tasto si possono aggiungere in coda altri ponti termici. Esso inserisce ponti termici anche nel caso di elementi intermedi tra il primo e l'ultimo %	
PT_23	Elimina ponte termico	%Con questo tasto si può eliminare il ponte termico appena inserito. Esso agisce anche su ponti termici intermedi tra il primo e l'ultimo.%	

Foglio di lavoro "I_CAP"

Questo foglio di lavoro è strutturato in moduli, per permettere all'utente l'inserimento modulare di più componenti opachi dell'edificio. L'utente inserirà un nuovo componente per ogni elemento opaco con diverse caratteristiche principalmente in termini di trasmittanza, orientamento, inclinazione, ambiente adiacente. E' lasciata grande libertà all'utente, che, per brevità, può raggruppare componenti simili per alcune caratteristiche, come invece suddividerli se se ne vuole analizzare i contributi in modo dettagliato. Per ogni componente, al termine dell'inserimento dei dati di input, si hanno dei risultati intermedi e finali utili per una maggiore suddivisione dei risultati finali e per una comodità di calcolo. Ogni volta che viene aggiunto o eliminato un componente si ha un aggiornamento del conteggio nella cella "contatore" che poi determina l'indice della somma finale dei contributi del bilancio energetico.

CAP_2	La capacità areica è nota per tutti i componenti?	%Questa cella riporta l'informazione sulla conoscenza su tutti i componenti opachi della capacità areica, inseriti nel foglio INPUT_INV_O. Se anche soltanto un componente ha capacità areica non nota, allora questa cella riporta la dicitura "No" e occorre completare i campi seguenti per la determinazione della capacità termica dell'edificio.%	
CAP_3	Capacità termica	%Questa cella riporta il risultato della capacità termica dell'edificio, se questa è nota per ogni componente opaco. Altrimenti il valore è nullo. Tale risultato è dato dal prodotto, componente per componente, dell'area per la capacità termica areica.%	[kJ/K]
CAP_4	Tipologia intonaco/NO N COMPILARE	%Scegliere la tipologia di intonaco tra quelle proposte secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2. %	[-]
CAP_5	Tipologia isolamento/N ON COMPILARE	%Scegliere la tipologia di isolamento (anche nullo) tra quelle proposte secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2. %	[-]
CAP_6	Tipologia pareti esterne/NON COMPILARE	%Scegliere la tipologia di pareti esterne tra quelle proposte secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2. %	[-]
CAP_7	Tipologia pavimenti/NO N COMPILARE	%Scegliere la tipologia di pavimento tra quelle proposte secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2. %	[-]
CAP_8	Numero di piani/NON COMPILARE	%Scegliere il numero di piani tra quelle proposte secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2. %	[-]
CAP_9	Superficie dei divisori interni orizzontali	%Inserire la superficie interna dei divisori interni orizzontali (tipicamente solaio di interpiano).%	[m ²]
CAP_10	Capacità termica areica	%Questa cella riporta, secondo il prospetto 22 della revisione della normativa UNI TS 1330-2, il valore della capacità termica areica media dell'edificio.%	[kJ/m ² K]
CAP_11	Superficie totale dei componenti opachi	%Questa cella riporta la somma delle superfici interne dei componenti opachi inseriti nel foglio INPUT_INV_O, nonché la superficie dei divisori interni (CAP_9).%	[m ²]
CAP_12	Capacità	%Questa cella riporta il risultato di capacità termica dell'intera zona	[kJ/K]

	termica dell'involucro	soggetta ad audit. In particolare verrà preso il valore della cella CAP_3 se diverso da zero, altrimenti quello della cella CAP_10 e verrà moltiplicato per l'area totale (cella CAP_11).%	
--	------------------------	--	--

Foglio di lavoro "OUTPUT_INV"

Questo foglio di lavoro racchiude e presenta tutti i risultati intermedi e definitivi della procedura di calcolo del fabbisogno energetico per la termostatazione dell'involucro. Si è riportato anche il grafico per la visualizzazione dei vari contributi in regime di riscaldamento, distinguendo tra quelli positivi (apporti gratuiti) e quelli negativi (dispersioni, ventilazioni e infiltrazioni).

Si ricorda che, quando nella seconda fase si effettua il tuning dei dati più incerti, occorre, dopo aver fatto le modifiche, far girare di nuovo le macro, ovvero premere sui tasti "Fine del primo calcolo" (OUTPUT_INV_C3), "Aggiorna il calcolo" (OUTPUT_INV_C4) e "Fine del calcolo" (OUTPUT_INV_C5) in sequenza. Solo in questo modo verranno implementate le procedure e quindi i cambiamenti impostati nei precedenti fogli di inserimento dati.

	"Fine del calcolo"	<p>%Questo comando è legato alla procedura di calcolo della temperatura di set point equivalente in caso di attenuazione o intermittenza (si rimanda al paragrafo di approfondimento "Ciclo iterativo per la determinazione della temperatura di set point equivalente"). Infatti il primo calcolo è caratterizzato da una termostatazione della zona soggetta ad audit a 20°C, anche se non corrisponde alla realtà. Tale condizione viene adottata per effettuare il primo calcolo della costante di tempo dell'edificio, dato fondamentale per il calcolo della temperatura di set point equivalente corretta. Dopo aver effettuato l'inserimento di tutti i dati occorre premere il tasto "Fine del calcolo". In tal modo verrà effettuato il calcolo di tutti componenti del bilancio termico della zona e, in particolare anche della costante di tempo dell'edificio, e riportati nelle colonne dei risultati. Quindi viene aggiornato il valore della cella GEN_2, portandolo a zero. In tal modo la temperatura di set point equivalente ha finalmente il suo valore vero, che viene quindi visualizzato nelle celle GEN_31:GEN_42. Infine viene effettuato di nuovo il calcolo definitivo di tutti componenti del bilancio termico della zona. Questi procedimenti vengono effettuati automaticamente in sequenza remendo il tasto "Fine del calcolo".%</p>	
Nome del campo	Q_INT_NON_GRATUITI	Q_INT	Q_SOL_OP
Mesi	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese	%Queste celle riportano, mese	%Queste celle

...	per mese, l'energia termica recuperata dovuta ad apporti interni alla zona e non gratuiti, ovvero associati alla fornitura di vettore. Questo dato proviene dai fogli "Illuminazione", "Carichi mensili" (sottrazione della quota di carichi elettrici esterni all'involucro e quindi non recuperabili) e "Carichi interni". Per i carichi elettrici, si considera che il 95% dell'energia elettrica consumata possa essere considerata recuperata all'involucro.%	per mese, l'energia in ingresso nella zona dovuta alla presenza degli utenti. Questa quota dipende dalla presenza degli utenti (campi PRO_44, PRO_60) e dai giorni di vacanza (campo PRO_64), nonché dall'attività metabolica scelta per gli utenti (PRO_2).%	riportano, mese per mese, gli apporti solari sui componenti opachi. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i componenti opachi esterni, delle celle degli apporti solari (campo INV_125:INV_136).%
Dicembre			
Totale			

Nome del campo	Q_SOL_FIN	Q_VENT	Q_TR_OP	Q_TR_FIN
Mesi	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, gli apporti solari sui componenti finestrati della zona. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i componenti finestrati, delle celle degli apporti solari (campo FIN_168:FIN_179). %	%Queste celle riportano, mese per mese, il fabbisogno di energia per ventilazione per la zona. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i componenti finestrati, delle celle del fabbisogno per ventilazione (campo FIN_196:FIN_207).%	%Queste celle riportano, mese per mese, le dispersioni termiche per trasmissione per i componenti opachi con gli ambienti esterni e non riscaldati. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i componenti opachi, delle celle delle perdite per trasmissione (campo INV_112:INV_123). %	%Queste celle riportano, mese per mese, le dispersioni termiche per trasmissione dei componenti finestrati. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i componenti finestrati, delle celle delle perdite per trasmissione (campo INF_155:INF_166). %
...				
Dicembre				
Totale				

Nome del campo	Q_CTERRA	Q_PT	Q_INF	Fabbisogno di riscaldamento finale
Mesi	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	%Queste celle	%Queste celle	%Queste celle riportano,	%Queste celle riportano,

...	riportano, mese per mese, le quote di dispersione degli eventuali componenti opachi che scambiano con il terreno (pareti contro terra o interrate), date dalla somma, su tutti i componenti, delle celle PCT_14 e dell'eventuale pavimento contro terra, TER_39.%	riportano, mese per mese, l'energia dispersa dalla zona attraverso i ponti termici presenti. Questa quota è data semplicemente dalla somma, su tutti i ponti termici, delle celle PT_10:PT_21).%	mese per mese, l'energia disperse per infiltrazioni. Nel caso il REDE scelga di seguire la procedura della normativa UNI 10339 (campo VENT_88), questa quota è nulla perché si ipotizza già compresa nella Q_VENT. Altrimenti queste celle utilizzano i dati del ricambio d'aria medio per infiltrazione (campo VENT_9).%	mese per mese, il fabbisogno di riscaldamento della zona soggetta ad audit richiesto all'impianto, secondo il bilancio definito dalla normativa UNI TS 11300/1 e secondo tutte le precisazioni fornite nei paragrafi precedenti, in particolare nel "Calcolo del fattore correttivo" .%
Dicembre				
Totale				

FOGLI DI LAVORO SULLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO PER I SERVIZI DI RISCALDAMENTO E ACS

Foglio di lavoro "GENERALE_IMP"

Le schede per l'analisi dell'impianto di riscaldamento e di produzione di ACS vengono riportate successivamente a quelle relative all'involucro. L'analisi dell'impianto è infatti successiva alla scheda "OUTPUT_INV" in cui vengono riportati i principali risultati riguardanti le dispersioni energetiche attraverso l'involucro, suddivise nelle varie componenti di dispersioni attraverso componenti opachi e fenestrati, attraverso ponti termici, attraverso il terreno, ma anche le dispersioni per ventilazione ed infiltrazioni e gli apporti gratuiti interni, quelli solari attraverso i componenti opachi e fenestrati e quelli elettrici.

In questa scheda devono essere inserite alcune informazioni generali riguardanti l'impianto di riscaldamento, quello di produzione di ACS ed il sistema dell'energia elettrica.

Per ognuno dei tre servizi si chiede di riportare se lo specifico impianto è a servizio esclusivo della zona soggetta ad audit. Per "zona soggetta ad audit" si intende l'insieme dei locali che si è appena terminato di descrivere nelle schede relative all'involucro; si dovrà quindi selezionare "Sì" nelle celle B5-B30-B43 se l'impianto in questione serve esclusivamente l'insieme dei locali considerato precedentemente.

In generale si dovrà rispondere "Sì" se per lo specifico servizio si può utilizzare la denominazione "impianto autonomo", altrimenti nel caso di un "impianto centralizzato" selezionare "No". Si invita comunque a prestare attenzione ai possibili casi particolari.

Si riportano una serie di esempi a scopo di facilitare l'auditor in alcuni casi comuni:

- 1. Audit di un edificio monofamiliare residenziale con impianto di riscaldamento, di produzione ACS ed elettrico autonomi¹⁷.** In questo caso, nelle schede riferite all'involucro si dovranno inserire le informazioni riguardanti l'intera struttura: infatti *la zona soggetta ad audit coincide con l'intero edificio*. Inoltre l'impianto presente (ad esempio una tradizionale caldaia a gas) è a servizio esclusivo del singolo edificio e di conseguenza della sola zona soggetta ad audit. Quindi in questo caso tutte le caselle B5-B30-B43 andranno impostate nel valore "Sì".
- 2. Audit di un intero edificio condominiale residenziale con impianto di riscaldamento, di produzione ACS ed elettrico autonomi.** In questo caso, anche se gli involucri dei singoli appartamenti potrebbero risultare molto simili tra loro, al fine di considerare il diverso regime di funzionamento per i rispettivi impianti autonomi, è necessario non trascurare le singole caratteristiche di utilizzo dei locali. *Non è quindi possibile far coincidere l'intero edificio con la zona soggetta ad audit*, ma bisognerà eseguire uno specifico audit, in differenti file, per ogni subalterno. In ognuno di essi, risultando l'impianto a servizio esclusivo di un solo appartamento, tutte le caselle B5-B30-B43 andranno impostate nel valore "Sì". I consumi globali dell'edificio si potranno ottenere sommando i consumi di tutti gli audit eseguiti.
- 3. Audit di un singolo appartamento residenziale in un edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato ed impianti di produzione ACS ed elettrico autonomi.** In questo caso *la zona soggetta ad audit coincide con il singolo appartamento, non con l'intero edificio*. Nelle schede riferite all'involucro devono inserire le informazioni riguardanti le caratteristiche del solo appartamento analizzato. Nel foglio "Generale_IMP", essendo l'impianto di riscaldamento centralizzato, la cella B5 dovrà essere impostata su "No", mentre le celle B30 e B43 dovranno essere impostate su "Sì". Nella sezione di questo manuale riguardante i criteri di ripartizione, verrà illustrato come l'applicativo ricostruisce il carico dell'impianto centralizzato a partire dai fabbisogni di una singola utenza.

¹⁷ Uno specifico subalterno è servito da un "impianto elettrico autonomo" se esistono uno o più specifici contatori dedicati alla misurazione esclusiva della sola energia elettrica impiegata all'interno del subalterno stesso.

4. **Audit di un intero edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato ed impianti di produzione ACS ed elettrico autonomi.** Come illustrato nell'esempio 2, in questo caso *non è possibile far coincidere l'intero edificio con la zona soggetta ad audit*, ma bisognerà impostare uno specifico audit, su file differenti, per valutare i fabbisogni di ogni subalterno.

NOTA BENE: Per ogni file, relativo quindi al singolo appartamento, non si deve eseguire l'analisi dell'impianto di riscaldamento, ma solo alla valutazione dei fabbisogni riassunti dalla scheda "OUTPUT_INV".

Questa operazione può essere eseguita selezionando "No" nella cella B5, selezionando "Inserimento manuale millesimi" nella cella C21 ed impostando il valore "0" nella cella C22. Per quanto riguarda gli altri due impianti (ACS ed Elettrico) si deve proseguire seguendo la procedura illustrata nei punti precedenti per i servizi autonomi. I consumi globali per il servizio di ACS ed elettrici dell'edificio si ottengono sommando i consumi di tutti gli appartamenti.

Per completare l'audit, bisogna ora eseguire un calcolo dei millesimi di riscaldamento a partire dai fabbisogni riassunti in ogni file dalla scheda "OUTPUT_INV". In questa maniera, oltre ad ottenere una validazione del valore dei suddetti utilizzati per la ripartizione delle spese, si potrà effettuare l'analisi dell'impianto di riscaldamento centralizzato. È infatti sufficiente selezionare il file relativo al primo appartamento e selezionare le seguenti opzioni: "No" nella cella B5 "Inserimento manuale millesimi" nella cella C21, impostare il valore dei millesimi del primo subalterno nella cella C22 e proseguire nel file con la sequenza delle schede presentata dall'applicativo.

Criterio di ripartizione millesimale delle spese di fabbisogno del servizio

Nei casi di impianto non a servizio esclusivo della zona di audit, verrà richiesto di scegliere un criterio di ripartizione energetica. Questo dato è utilizzato per calcolare il carico dell'impianto centralizzato a partire dalle informazioni disponibili per il singolo subalterno.

Per ogni servizio l'auditor può scegliere diversi criteri di ripartizione dei fabbisogni. È presente la possibilità di inserire manualmente i millesimi dello specifico servizio, nel caso si avessero a disposizione dati precisi derivanti da apparecchiature contatori installate, oppure utilizzare fattori di proporzionalità legati alla metratura della zona od al numero di occupanti.

Il particolare criterio di ripartizione scelto, determina il valore dei millesimi assegnati alla zona soggetta ad audit rispetto al valore totale di energia fornita dall'intero impianto per lo specifico servizio.

L'operazione di riportare a livello di impianto centralizzato i consumi di una singola zona avviene nel passaggio tra l'energia fornita in ingresso al sottosistema di regolazione (o erogazione nel caso di ACS) della zona e l'energia fornita in uscita dal sottosistema di distribuzione. Questo significa che mentre le schede "Emissione" e "Regolazione" descrivono esclusivamente la zona soggetta ad audit, ovvero la parte di impianto in essa contenuta, le schede "Distribuzione" e "Generazione" richiedono informazioni riguardanti la totalità dell'impianto che in generale è a servizio anche di altre zone.

Si riportano alcuni esempi di calcolo in analogia alla sezione precedente:

- **Audit di un edificio monofamiliare residenziale con impianto di riscaldamento, di produzione ACS ed elettrico autonomi.** In questo caso, trattandosi di un impianto autonomo, i millesimi di ciascun servizio sono pari a 1000: l'energia fornita in ingresso al sottosistema di regolazione della zona e l'energia fornita in uscita dal sottosistema di distribuzione coincidono.
- **Audit di un singolo appartamento residenziale in un edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato ed impianti di produzione ACS ed elettrico autonomi.** In questo caso per quanto riguarda i servizi di ACS ed elettrico autonomi valgono le considerazioni dell'esempio precedente.

Per il servizio di riscaldamento, supponendo che i millesimi della zona di audit siano 200, l'applicativo moltiplica di un fattore $1000/200=5$ l'energia fornita in ingresso al sottosistema di regolazione per ottenere l'energia fornita in uscita dal sottosistema di distribuzione.

Audit di edifici multizona

Sebbene l'applicativo non sia stato sviluppato per eseguire diagnosi con più zone termiche, la metodologia implementata per ricondurre i consumi locali ad un impianto centralizzato può essere utilizzata anche per eseguire questo tipo di analisi.

La procedura è la stessa per quella prevista dall'esempio 4 della sezione precedente. È possibile compilare tanti file quante sono le zone termiche fino alla scheda "OUTPUT_INV". Ad ogni zona termica è possibile assegnare un numero di millesimi di riscaldamento a partire dai fabbisogni riassunti in ogni file. A questo punto è sufficiente selezionare il file relativo alla primazona termica e selezionare le seguenti opzioni: "No" nella cella B5, "Inserimento manuale millesimi" nella cella C21, impostando il valore dei millesimi della prima zona nella cella C22 e proseguire nel file con la sequenza delle schede presentata dall'applicativo.

Principali campi presenti nel foglio

Si riporta una breve panoramica dei campi più significativi che l'auditor deve riempire all'interno della scheda.

N° riga	Campo	Descrizione
5	<p><i>SERVIZIO DI RISCALDAMENTO:</i> L'impianto è a servizio esclusivo della zona oggetto dell'audit</p>	<p>Si scelga dal menù a tendina l'opzione "Sì" nel caso in cui l'impianto di riscaldamento sia a servizio esclusivo della singola zona soggetta ad audit (vedi esempi nelle sezioni precedenti). In tal caso dovranno essere inseriti solamente i valori delle potenze nominali dei corpi scaldanti installati nella zona oggetto di audit.</p> <p>Nel caso si scelga invece l'opzione "No" saranno richieste informazioni riguardanti l'intero impianto ed il criterio di ripartizione dei consumi energetici.</p>
7	Potenza totale di impianto	<p>Tale casella risulta visibile solamente nel caso di aver selezionato "No" nella riga 5.</p> <p>Nel caso in cui si conoscano le potenze totali installate dei terminali di impianto, scegliere dal menù a tendina l'opzione "Nota". Verranno automaticamente scoperte le righe 8:12, nelle quali bisognerà inserire questi valori, per le seguenti tipologie di terminali: radiatori, termoconvettori, aerotermini e ventilconvettori, pannelli radianti.</p> <p>Si ricorda che per gli impianti installati dopo l'entrata in vigore della Legge 373/76 questa potenza, somma della potenza scambiata dai corpi scaldanti secondo la UNI EN 442-2, è fornita dal progettista e rilevabile dal progetto depositato presso i competenti uffici comunali. Tale scheda è prevista anche dalla Legge n.10/1991 e dall'Allegato E del Dlgs n. 311/2006.</p> <p>Nel caso in cui non si conoscano le potenze totali dell'impianto, scegliere invece l'opzione "Sconosciuta": in tal caso l'auditor dovrà inserire solamente le potenze installate nella zona soggetta ad audit.</p>
14:19	Potenza installata nella zona oggetto dell'audit	In queste caselle, sempre visibili, l'auditor dovrà inserire la potenza installata nella zona soggetta ad audit degli elementi scambiatori, suddivisi nelle varie categorie.
21:26	Criterio di ripartizione millesimale delle spese di fabbisogno del servizio	Queste caselle non risultano visibili solo in caso di impianto a servizio esclusivo della zona di audit. Si può scegliere dal menù a tendina tra le opzioni "Inserimento manuale millesimi",

		<p>"Potenza installata nella zona", "Superficie della zona".</p> <p>Se viene scelta l'opzione "Inserimento manuale millesimi", inserire i millesimi di riscaldamento nella riga 22.</p> <p>L'opzione "Superficie della zona" deve essere usata nel caso in cui si supponga che esista una perfetta proporzionalità tra la superficie ed i fabbisogni della zona e quelli totali. Tale scelta non è invece realistica nel caso ad esempio di diverse destinazioni d'uso, diversa struttura dell'involucro, apporti solari ed interni non proporzionali: in questi casi sarebbe preferibile una stima con l'inserimento manuale dei millesimi, di modo da tenere conto delle differenze strutturali e di utilizzo dei locali.</p> <p>L'opzione "Potenza installata nella zona" pesa i consumi energetici a secondo della potenza termica dei terminali installati, in quanto una zona con una maggiore richiesta energetica presenta di solito anche una maggiore potenza installata.</p> <p>Se i millesimi non sono stati inseriti manualmente, il programma calcolerà i millesimi per il consumo di riscaldamento in base agli input inseriti.</p>
30	<p>SERVIZIO ACS: L'impianto è a servizio esclusivo della zona oggetto dell'audit?</p>	<p>Si scelga dal menù a tendina l'opzione "Sì" nel caso in cui l'impianto per la produzione di ACS sia a servizio esclusivo della singola zona soggetta ad audit (vedi esempi nelle sezioni precedenti).</p> <p>Nel caso si scelga invece l'opzione "No" saranno richieste informazioni riguardanti il criterio di ripartizione dei consumi energetici.</p>
32	<p>Criterio di ripartizione millesimale delle spese di fabbisogno del servizio</p>	<p>Scegliere tra le opzioni "Inserimento manuale millesimi", "Numero persone presenti nella zona", "Superficie della zona".</p> <p>Se viene scelta l'opzione "Inserimento manuale millesimi", inserire i millesimi relativi al servizio di ACS nella riga 46.</p> <p>L'opzione "Superficie della zona" deve essere utilizzata con attenzione in quanto questa stima può risultare non realistica nel caso in cui la zona soggetta ad audit e il resto dei locali serviti dall'impianto non presentino le stesse caratteristiche di utilizzo. In tal caso si consiglia di usare l'opzione "Numero persone presenti nella zona".</p> <p>L'opzione "Numero persone presenti nella zona", pesa i consumi energetici proporzionalmente al numero di occupanti della zona soggetta ad audit rispetto al resto dei locali serviti dall'impianto di produzione ACS.</p> <p>Se i millesimi non sono stati inseriti manualmente, il programma calcolerà i millesimi per il consumo di ACS in base agli input inseriti.</p>
43	<p>SERVIZIO ELETTRICO L'impianto è a servizio esclusivo della zona oggetto dell'audit?</p>	<p>Si scelga dal menù a tendina l'opzione "Sì" nel caso in cui l'impianto elettrico presenti uno o più specifici contatori dedicati alla misurazione esclusiva della sola energia elettrica impiegata all'interno della zona soggetta ad audit. (vedi esempi nelle sezioni precedenti).</p> <p>Nel caso si scelga invece l'opzione "No" saranno richieste informazioni riguardanti il criterio di ripartizione dei consumi</p>

		energetici.
45	Criterio di ripartizione millesimale delle spese di fabbisogno del servizio	<p>Scegliere tra le opzioni "Inserimento manuale millesimi", "Numero persone presenti nella zona" e "Superficie della zona".</p> <p>Se viene scelta l'opzione "Inserimento manuale millesimi", inserire i millesimi relativi al servizio elettrico nella riga 46.</p> <p>L'opzione "Superficie della zona" deve essere utilizzata con attenzione in quanto questa stima può risultare non realistica nel caso in cui la zona soggetta ad audit e il resto dei locali serviti dall'impianto non presentino le stesse caratteristiche di utilizzo. In tal caso si consiglia di usare l'opzione "Numero persone presenti nella zona".</p> <p>L'opzione "Numero persone presenti nella zona", pesa i consumi energetici proporzionalmente al numero di occupanti della zona soggetta ad audit rispetto al resto dei locali serviti dall'impianto elettrico.</p> <p>Nel caso in cui non siano stati inseriti manualmente dall'auditor, i millesimi per le spese di fabbisogno di servizio elettrico saranno calcolati automaticamente dal programma in base agli input forniti.</p>

Foglio di lavoro “ EMISSIONE”

In questa scheda sono calcolate le perdite e i rendimenti del sottosistema di emissione relativo al servizio di Riscaldamento secondo la metodologia ed i valori forniti dalla Normativa UNI/TS 11300-2.

Scelta per inserimento manuale o da prospetto

L’auditor può scegliere due modalità per il calcolo delle perdite del sottosistema di emissione: “Inserimento Manuale” o “Valori da Prospetto”.

Nell’applicativo sono implementati tutti i valori suggeriti dalla Norma di riferimento UNI/TS 11300-2 in funzione dell’altezza e del carico medio dei locali.

Nel caso sia presente un’unica tipologia di terminale all’interno della zona soggetta ad audit si può selezionare l’opzione “Valori da prospetto” nella cella C18 ed immettere le diverse voci che corrispondono alla tipologia impiantistica analizzata.

Tuttavia questa soluzione, sebbene estremamente rapida, non può essere utilizzata se sono presenti diverse tipologie di terminali (es. radiatori e ventilconvettori) oppure una stessa tipologia con caratteristiche costruttive diverse. In questi casi si suggerisce all’auditor di procedere nel seguente modo:

1. Valutare nei prospetti della norma UNI/TS 11300-2 il rendimento di ogni singolo terminale.
2. Eseguire una media pesata sulla potenza nominale del terminale dei rendimenti valutati
3. Inserire manualmente nelle celle apposite il valore calcolato al punto 2.

Principali campi presenti nel foglio

Si riporta una breve panoramica dei campi più significativi che l’auditor deve riempire all’interno della scheda.

N° riga	Campo	Descrizione Input	Unità di misura
18	Scelta per inserimento manuale o da prospetto	Se si sceglie l'opzione "Inserimento manuale", compariranno le righe 58:70, nelle quali l'auditor dovrà inserire manualmente il rendimento del sottosistema di emissione. Se si sceglie invece l'opzione "Valori da prospetto", si dovrà scegliere la tipologia di terminali presenti nella zona soggetta ad audit (si può scegliere l'opzione da un apposito menù a tendina). Una volta effettuata la scelta corretta, il programma inserirà automaticamente il rendimento di emissione suggerito dalla normativa UNI/TS 11300-2 relativo alla tipologia di terminali presenti.	
20	Temperatura mandata di progetto	Questa riga compare solo se si è selezionato “Radiatori su parete esterna” come tipologia di terminale. La normativa 11300-2 prevede che per temperatura di mandata dell’acqua di 85°C il rendimento del terminale diminuisca di valore 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpoli linearmente.	[°C]
21	Parete riflettente	Questa riga compare solo se si è selezionato “Radiatori su parete esterna” come tipologia di terminale. La normativa 11300-2 prevede che se il terminale è dotato di parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.	
22	Parete esterna non isolata (U>0,8 W/m2K)	Questa riga compare solo se si è selezionato “Radiatori su parete esterna” come tipologia di terminale. La normativa 11300-2 prevede che se il terminale è installato su parete esterna non isolata (U > 0,8 W/m2 K) si riduca il rendimento di 0,04.	
38	VENTILCONVETTORI Tipo inserimento	Questa riga compare solo se si è selezionato “Ventilconvettori” come tipologia di terminale.	

	dati	Selezionare “Inserimento Manuale” se si dispone delle potenze nominali dei ventilatori installati nei terminali. Selezionare “Dati precalcolati da prospetto” se si vogliono sfruttare i valori suggeriti dalla normativa.	
39	Numero terminali	Questa riga compare solo se si è selezionato “Dati precalcolati da prospetto” nella riga 38. In questa cella deve essere inserito il numero totale di terminali installati nella zona.	
41	Potenza totale ventilatori elettrici	Questa riga compare solo se si è selezionato “Inserimento manuale” nella riga 38. In questa cella deve essere inserito il valore totale ottenuto dalla somma della potenza dei ventilatori installati all’interno dei ventilconvettori della zona.	

Foglio di lavoro "REGOLAZIONE"

In questa scheda vengono calcolate le perdite nel sottosistema di regolazione, il rendimento del sottosistema ed infine il fabbisogno di energia termica in ingresso al sottosistema, sia quello relativo alla singola zona oggetto di audit, sia quello riportato sul sistema impiantistico globale attraverso la ripartizione millesimale scelta nella scheda "Generale_IMP".

Per il sottosistema di regolazione, non sono previsti né fabbisogni energetici richiesti per gli ausiliari né recuperi di energia.

L'applicativo fornisce in automatico i valori suggeriti dalla normativa UNI/TS 11300-2 a seconda del tipo di regolazione scelto e dei terminali di impianto presenti.

Si noti l'ultima tabella presente nella scheda denominata "Fabbisogno di energia in ingresso al sistema di regolazione riportato sul sistema impiantistico globale", nella quale vengono **riportati a livello di impianto centralizzato i consumi della singola zona soggetta ad audit.**

Foglio di lavoro “DISTRIBUZIONE”

La scheda relativa al sottosistema di distribuzione è suddivisa in due parti principali che implementano due metodologie differenti.

La sezione principale (righe 4:51) viene utilizzata per valutare le perdite delle tubazioni che in generale si trovano installate all'interno dell'edificio. Essa sfrutta un metodo semplificato basato sui rendimenti forniti in normativa in funzione della tipologia di rete, del numero di piani ed del livello di isolamento delle tubazioni. Inoltre viene effettuata una correzione del valore del rendimento nominale in funzione della temperatura media del fluido termovettore. Quest'ultimo parametro può essere inserito manualmente dall'auditor, oppure lasciarne la valutazione all'applicativo.

Questa tipologia di approccio è ritenuta valida poiché l'entità delle perdite di distribuzione è comunque modesta e non si è ritenuto di interesse appesantire la procedura.

La seconda metodologia viene attivata se viene selezionata la cella A86 “Aggiungi tratto della distribuzione con dispersioni significative (Calcolo Analitico)”. Questa possibilità è stata inserita per consentire all'auditor di analizzare separatamente tratti di tubazione ritenuti particolarmente disperdenti e quindi non valutabili unicamente con la metodologia semplificata. Un esempio può essere costituito da tubazioni non isolate che percorrono per un lungo tratto ambienti non climatizzati se non addirittura esterni.

Ausiliari di distribuzione

Una terza sezione del foglio “Distribuzione” è dedicata alla valutazione dei consumi di energia elettrica per ausiliari di circolazione (Dalla riga 53).

Potenza pompe installate	(Inserire al massimo 5 pompe)	
Pompa N.		1
Potenza elettrica nominale	[kW]	0,40
Tipo di motore elettrico		Velocità fissa
Tipo di controllo		Funzionamento intermittente
Aggiungi Pompa		Elimina pompa

La valutazione viene effettuata attraverso la metodologia prevista dalla normativa che si basa sulla potenza elettrica nominale, il tipo di motore elettrico ed il tipo di controllo.

È possibile inserire al massimo 5 pompe, ma nel caso fossero presenti più dispositivi, data la linearità della metodologia di calcolo, è sufficiente sommare le potenze delle pompe che presentano caratteristiche costruttive e di controllo simili.

Si riporta una breve panoramica dei campi più significativi che l'auditor deve riempire all'interno della scheda.

N° riga	Campo	Descrizione Input	Unità di misura
10	Temperatura media fluido termovettore	In questa cella bisogna inserire la metodologia desiderata per la valutazione della temperatura media del fluido termovettore che sarà impiegato per il calcolo delle perdite di distribuzione. L'opzione “Inserimento manuale” richiede di fornire un valore di temperatura per ogni mese dell'anno. Questa opzione è da preferire nel caso si sia a conoscenza della temperatura della rete, che per circuiti molto semplici, può essere derivata partendo dalla temperatura di mandata impostata sul dispositivo di generazione. L'opzione “Valori precalcolati automaticamente” calcola in automatico il valore di temperatura del fluido in base alle tipologie di terminali installati nell'intero impianto.	
91	Aggiungi tratto	Selezionando questa cella, l'applicativo consentirà l'inserimento delle	

	della distribuzione con dispersioni significative (Calcolo analitico)	informazioni necessarie al calcolo analitico delle perdite di distribuzione secondo i modelli descritti dalla normativa 11300-2. Verranno visualizzate una serie di righe aggiuntive.	
--	---	--	--

Foglio di lavoro "PROD ACS"

In questo foglio di calcolo vengono calcolate le caratteristiche dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria; in particolare si analizzeranno il sistema di erogazione ed il sistema di distribuzione nel caso in cui non sia presente un sistema di ricircolo e si voglia procedere con un'analisi generica di tale sistema. Nella tabella seguente viene spiegato il significato di alcune caselle del foglio in questione. La Normativa di riferimento per la valutazione delle prestazioni dell'impianto di ACS, a valle del generatore è la UNI TS 11300 – 2:2011.

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
PR_ACS_41:53	Perdite termiche del sistema di erogazione	%In questa sezione vengono riportate le perdite termiche dal servizio di ACS per l'erogazione. Secondo la Normativa, tali perdite sono nell'ordine del 5% dell'energia termica in ingresso al sistema di erogazione	[kWh]
PR_ACS_54:66	Fabbisogno di energia in ingresso al sistema di erogazione dell'ACS della zona soggetta ad audit	%In questa sezione vengono riportati mensilmente i fabbisogni di energia termica in ingresso al sistema di erogazione di ACS a partire dai fabbisogni stimati e dalle perdite nel sistema di erogazione.	[kWh]
PR_ACS_68:80	Fabbisogno di energia in ingresso al sistema di erogazione dell'ACS riportato sul sistema impiantistico globale	%In questa sezione vengono riportati mensilmente i fabbisogni di energia termica in ingresso al sistema di erogazione di ACS sull'intero sistema impiantistico, calcolati in base alla ripartizione delle spese, scelto precedentemente dal foglio "Generale_IMP". Si ricorda che il criterio di ripartizione per l'ACS può essere scelto tra le opzioni di: - numero persone presenti nella zona; - inserimento manuale millesimi; - superficie della zona.	[kWh]
PR_ACS_82	È presente una rete di ricircolo?	%Dal menù a tendina, l'auditor dovrà scegliere l'opzione corretta relativamente alla presenza o assenza della rete di ricircolo per l'impianto di ACS. - Se è presente una rete di ricircolo, le perdite nel sistema di distribuzione e di ricircolo devono, secondo la Normativa, essere calcolate con un metodo analitico più preciso, inserendo come input alcune caratteristiche delle tubazioni del sistema (lunghezza, diametro, presenza o meno di isolante...). Lo studio analitico della rete di distribuzione e di ricircolo viene effettuata nella successiva scheda DISTR_ACS. - Se invece la rete di ricircolo non è presente, si può scegliere, dalla casella successiva, di analizzare l'impianto di distribuzione con un metodo generico o un metodo analitico.	[-]

<p>PR_ACS_83</p>	<p>Si vuole analizzare la rete di distribuzione con il metodo analitico o con il metodo generico?</p>	<p>%Nel caso in cui sia presente una rete di ricircolo, in questa casella comparirà la scritta "NON COMPILARE". Nel caso in cui invece la rete di ricircolo non sia presente, si può scegliere, dal menù a tendina, la possibilità di analizzare la rete di distribuzione con il metodo analitico o con il metodo generico. Il metodo generico è quello consigliato dalla Normativa di riferimento nel caso in cui non sia presente la rete di ricircolo. Per rendere il calcolo più preciso, si è comunque inserita la possibilità di descrivere dettagliatamente il sistema di distribuzione (sempre nella scheda successiva DISTR_ACS). Se si vuole analizzare il sistema di distribuzione in modo analitico, selezionare la metodologia analitica dal menù a tendina e passare alla compilazione della scheda successiva. Se invece si vuole analizzare il sistema di distribuzione in modo generico, compilare la sezione seguente.</p>	
<p>PR_ACS_85</p>	<p>Tipo di sistema in uso</p>	<p>%L'auditor deve inserire le caratteristiche del sistema di distribuzione presente. Sono presenti tre opzioni, tra le quali scegliere dall'apposito menù a tendina: sistema installato prima del 1976; sistema installato dopo il 1976 con rete di distribuzione corrente in ambiente sempre climatizzato; sistema installato dopo il 1976 con rete di distribuzione corrente solo parzialmente in ambiente climatizzato. Ad ognuna di queste opzioni è associato un coefficiente di perdita e di recupero che sono automaticamente scelti ed usati dal programma all'interno delle formule per il calcolo delle perdite termiche e per il calcolo delle perdite recuperate (entrambi questi risultati intermedi sono riportati nelle caselle seguenti).</p>	

Foglio di lavoro "DISTR_ACS"

In questo foglio di calcolo vengono calcolate le caratteristiche dell'impianto di distribuzione di acqua calda sanitaria. In questa scheda devono essere riportate le caratteristiche delle tubazioni del sistema di distribuzione (lunghezza del tratto, diametro, profondità di incasso, ecc.). Questa analisi è obbligatoria in presenza del sistema di ricircolo. Nella tabella seguente viene spiegato il significato di alcune caselle del foglio in questione.

N. riga	Campo	Input	Unità di misura
D_ACS_5	Tipo di sistema in uso (per calcolo del coefficiente di recuperabilità)	% Scegliere dall'apposito menù a tendina la posizione della tubazione in analisi. A seconda della posizione scelta, il programma sceglie automaticamente il valore del coefficiente di recuperabilità delle perdite termiche.	[-]
D_ACS_6:10	Tipo tubazione / Posizione tubazioni / Tipo di ambiente interno / Lunghezza del tratto / Diametro esterno della tubazione	% In queste caselle vanno inserite le caratteristiche della tubazione in analisi. Il tipo di tubazione, la relativa posizione ed il tipo di ambiente interno devono essere scelti da appositi menù a tendina. Nelle caselle successive devono essere riportate la lunghezza del tratto ed il diametro esterno.	
D_ACS_11	Profondità di incasso	%Inserire la profondità di incasso del tratto di tubazione in analisi. Comparirà automaticamente la scritta "NON COMPILARE" se il tratto di tubazione in analisi è di tipo corrente in aria.	
D_ACS_12	Interassi tubazioni	% Inserire il valore dell'interasse delle tubazioni. Tale valore deve essere inserito solamente nel caso in cui il tipo di tubazione in analisi sia di tipo "in coppia"; in caso contrario comparirà automaticamente il messaggio "NON COMPILARE".	
D_ACS_13	Conducibilità materiale intorno alla tubazione	% Se la tubazione in analisi è incassata nella muratura o interrata, inserire in questa casella la conducibilità del materiale adiacente. Nel caso la tubazione in analisi sia di tipo "corrente in aria", comparirà automaticamente il messaggio "NON COMPILARE".	
D_ACS_15:17	Dati isolante: diametro esterno isolante e conducibilità termica dell'isolante	%In questa sezione devono essere inseriti le caratteristiche del tipo di isolante presente nel tratto di tubazione in analisi. Nel caso in cui non sia presente isolante, inserire allora in questa sezione le caratteristiche del materiale più isolante presente.	
D_ACS_19:32	Temperatura media fluido / Temperatura dell'ambiente interno / Trasmittanza termica lineica	%In questa tabella vengono inseriti automaticamente e calcolati i dati necessari per il calcolo delle perdite, mese per mese. La temperatura media del fluido, per ACS, è	

		presa di default pari a 48°C. La temperatura dell'ambiente interno viene scelta in base alla posizione della tubazione (se corrente in ambienti interni climatizzati o non climatizzati, all'esterno o in centrale termica) a partire dalla temperatura di set-point stabilita per la zona in analisi. Anche la trasmittanza termica lineica viene calcolata in base alle caratteristiche della tubazione analizzata.	
D_ACS_34:46	Perdite tubazione / Perdite tubazioni recuperate	%In questa sezione vengono riportate le perdite del singolo tratto di tubazione in analisi, in base alla differenza di temperatura, alla lunghezza ed alla trasmittanza termica lineica del tratto. Le perdite termiche sono riportate sull'intero sistema impiantistico usando la ripartizione millesimale definita precedentemente nella scheda "Generale_IMP". Le perdite recuperate sono calcolate come percentuale delle perdite termiche del singolo tratto, in base al coefficiente di recuperabilità scelto dal programma in base al tipo di tubazione analizzato.	
D_ACS_47	Aggiungi tratto di tubazione / Elimina tratto di tubazione	%Cliccando sulla casella "Aggiungi tratto di tubazione", si aggiungerà in coda un format per l'analisi di un ulteriore tratto di tubazione del sistema di distribuzione di ACS. Cliccando invece sulla casella "Elimina tratto di tubazione", il precedente format inserito viene cancellato (il tasto "Elimina tratto di tubazione" è disabilitato nel caso in cui si stia considerando il primo tratto del sistema di distribuzione).	

	Perdite totali sistema di distribuzione / Perdite totali recuperate	% In questa tabella vengono automaticamente calcolate le perdite totali e quelle recuperate del sistema di distribuzione, riportate sull'intero sistema impiantistico di distribuzione, sommando le perdite relative ai singoli tratti.	
	Fabbisogno energia in ingresso al sistema di distribuzione (valido sia per il metodo generico sia per quello analitico)	%In questa tabella vengono calcolati i fabbisogni di energia termica in ingresso all'intero sistema di distribuzione, sommando i fabbisogni di ACS della zona, le perdite di erogazione e le perdite di distribuzione. Queste ultime vengono automaticamente prese dalla scheda PROD ACS o dalla scheda DISTR_ACS a seconda che si sia scelto rispettivamente il metodo generico, il metodo analitico o se sia presente la rete di ricircolo.	

Foglio di lavoro "ACCUM_COMBI"

In questo foglio di calcolo vengono analizzate le caratteristiche del sistema di accumulo di tipo combinato, cioè al servizio combinato di ACS e riscaldamento. Le perdite termiche dipendono esclusivamente dal tipo di accumulo e dalle sue caratteristiche, non dai fabbisogni di energia termica richiesti dal locale. La Normativa cui si fa riferimento è sempre la UNI TS 11300 - 2.

N. riga	Campo	Input	Unità di misura
ACC_C_2:3	È noto il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo?	% Se il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo è noto, inserirlo nella casella B3. Se tale coefficiente non è noto, il programma calcolerà automaticamente il coefficiente di dispersione termica in base alle caratteristiche dell'accumulo descritte successivamente.	
ACC_C_5:6	Spessore dello strato di isolante / Conduttività dello strato di isolante	% Riportare in queste caselle le caratteristiche del sistema di accumulo riguardanti lo strato di isolante presente. Tali dati servono per il calcolo del coefficiente di dispersione nel caso in cui questo non sia noto. Se non è presente lo strato di isolante, inserire le caratteristiche dello strato più isolante presente.	
ACC_C_7	Posizione del serbatoio	% Scegliere dall'apposito menù a tendina la posizione del serbatoio di tipo combinato. Si può scegliere solamente tra le opzioni "In ambiente riscaldato" e "Fuori dall'ambiente riscaldato". In base all'opzione scelta, verranno calcolate le perdite termiche del sistema di accumulo che possono essere recuperate. Se l'accumulo è posto in un ambiente riscaldato, le perdite termiche recuperate sono prese, secondo la Normativa, pari al 95% di quelle totali. Se invece l'accumulo è posto al di fuori dell'ambiente riscaldato, le perdite recuperate sono considerate nulle.	
ACC_C_8	Temperatura del fluido nell'accumulo	% Inserire la temperatura del fluido nell'accumulo.	
ACC_C_9:21	Perdite relative all'accumulo al servizio combinato di ACS e riscaldamento	% Le perdite termiche relative all'intero accumulo sono calcolate in base al coefficiente di dispersione termica dell'accumulo, alla superficie esterna dell'accumulo e alla differenza di temperatura tra la temperatura del fluido nell'accumulo e la temperatura dell'ambiente in cui il serbatoio è posto. Se il serbatoio è posto in ambiente riscaldato, viene utilizzata la temperatura di set-point. Se invece il serbatoio è posto al di fuori dell'ambiente	

		<p>riscaldato, viene utilizzata la temperatura esterna.</p> <p>Le perdite termiche totali sono poi suddivise nelle due sottocategorie di perdite riferibili all'ACS e perdite riferibili al riscaldamento. La ripartizione delle perdite viene effettuata in base alla ripartizione dei fabbisogni di energia termica per ACS e per riscaldamento in ingresso al sistema di distribuzione rispetto al fabbisogno di energia termica complessivo.</p> <p>È stata inoltre posta una condizione di massimo per tali perdite, che non possono essere superiori al 10% del fabbisogno di energia termica in ingresso a tale sistema. Questo valore limite, previsto peraltro dalla Normativa UNI TS 11300 - 2, è necessario per evitare che le perdite calcolate dal programma non tendano ad infinito, nel caso in cui si inserisca un valore dello spessore dello strato isolante troppo piccolo.</p>	
ACC_C_23:35	<p>Perdite recuperate relative all'accumulo al servizio combinato di ACS e riscaldamento</p>	<p>% Le perdite recuperate sono, secondo Normativa, prese pari al 95% di quelle totali (riferibili sia ad ACS che riscaldamento) se l'accumulo in questione si trova all'interno di un ambiente riscaldato; sono invece prese nulle se il sistema di accumulo si trova al di fuori dell'ambiente riscaldato.</p>	

Foglio di lavoro "ACCUM_ACS"

In questo foglio di calcolo vengono analizzate le caratteristiche del sistema di accumulo dedicato al solo servizio di ACS. Le perdite termiche dipendono esclusivamente dal tipo di accumulo e dalle sue caratteristiche, non dai fabbisogni di energia termica richiesti dal locale. La Normativa cui si fa riferimento è sempre la UNI TS 11300 - 2.

N. riga	Campo	Input	Unità di misura
ACC_A_2:3	È noto il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo?	% Se il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo è noto, inserirlo nella casella B3. Se tale coefficiente non è noto, il programma calcolerà automaticamente il coefficiente di dispersione termica in base alle caratteristiche dell'accumulo descritte successivamente.	
ACC_A_5:6	Spessore dello strato di isolante / Conduttività dello strato di isolante	% Riportare in queste caselle le caratteristiche del sistema di accumulo riguardanti lo strato di isolante presente. Tali dati servono per il calcolo del coefficiente di dispersione nel caso in cui questo non sia noto. Se non è presente lo strato di isolante, inserire le caratteristiche dello strato più isolante presente.	
ACC_A_7	Posizione del serbatoio	% Scegliere dall'apposito menù a tendina la posizione del serbatoio di tipo combinato. Si può scegliere solamente tra le opzioni "In ambiente riscaldato" e "Fuori dall'ambiente riscaldato". In base all'opzione scelta, verranno calcolate le perdite termiche del sistema di accumulo che possono essere recuperate. Se l'accumulo è posto in un ambiente riscaldato, le perdite termiche recuperate sono prese, secondo la Normativa, pari al 95% di quelle totali. Se invece l'accumulo è posto al di fuori dell'ambiente riscaldato, le perdite recuperate sono considerate nulle.	
ACC_A_8	Temperatura del fluido nell'accumulo	% Inserire la temperatura del fluido nell'accumulo.	
ACC_A_9:21	Perdite relative all'accumulo dedicato alla sola ACS	% Le perdite termiche relative all'intero accumulo sono calcolate in base al coefficiente di dispersione termica dell'accumulo, alla superficie esterna dell'accumulo e alla differenza di temperatura tra la temperatura del fluido nell'accumulo e la temperatura dell'ambiente in cui il serbatoio è posto. Se il serbatoio è posto in ambiente riscaldato, viene utilizzata la temperatura di set-point. Se invece il serbatoio è posto al di fuori dell'ambiente	

		<p>riscaldato, viene utilizzata la temperatura esterna.</p> <p>È stata inoltre posta una condizione di massimo per tali perdite, che non possono essere superiori al 10% del fabbisogno di energia termica in ingresso a tale sistema. Questo valore limite, previsto peraltro dalla Normativa UNI TS 11300 - 2, è necessario per evitare che le perdite calcolate dal programma non tendano ad infinito, nel caso in cui si inserisca un valore dello spessore dello strato isolante troppo piccolo.</p>	
<p>ACC_A_23:35</p>	<p>Perdite recuperate relative all'accumulo dedicato alla sola ACS</p>	<p>% Le perdite recuperate sono, secondo Normativa, prese pari al 95% di quelle totali se l'accumulo in questione si trova all'interno di un ambiente riscaldato; sono invece prese nulle se il sistema di accumulo si trova al di fuori dell'ambiente riscaldato.</p>	

Foglio di lavoro "ACCUM_RISC"

In questo foglio di calcolo vengono analizzate le caratteristiche del sistema di accumulo dedicato al solo servizio di riscaldamento. Le perdite termiche dipendono esclusivamente dal tipo di accumulo e dalle sue caratteristiche, non dai fabbisogni di energia termica richiesti dal locale. La Normativa cui si fa riferimento è sempre la UNI TS 11300 - 2.

N. Riga	Campo	Input	Unità di misura
ACC_R_2:3	È noto il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo?	% Se il coefficiente di dispersione termica dell'accumulo è noto, inserirlo nella casella B3. Se tale coefficiente non è noto, il programma calcolerà automaticamente il coefficiente di dispersione termica in base alle caratteristiche dell'accumulo descritte successivamente.	
ACC_R_5:6	Spessore dello strato di isolante / Conduttività dello strato di isolante	% Riportare in queste caselle le caratteristiche del sistema di accumulo riguardanti lo strato di isolante presente. Tali dati servono per il calcolo del coefficiente di dispersione nel caso in cui questo non sia noto. Se non è presente lo strato di isolante, inserire le caratteristiche dello strato più isolante presente.	
ACC_R_7	Posizione del serbatoio	% Scegliere dall'apposito menù a tendina la posizione del serbatoio di tipo combinato. Si può scegliere solamente tra le opzioni "In ambiente riscaldato" e "Fuori dall'ambiente riscaldato". In base all'opzione scelta, verranno calcolate le perdite termiche del sistema di accumulo che possono essere recuperate. Se l'accumulo è posto in un ambiente riscaldato, le perdite termiche recuperate sono prese, secondo la Normativa, pari al 95% di quelle totali. Se invece l'accumulo è posto al di fuori dell'ambiente riscaldato, le perdite recuperate sono considerate nulle.	
ACC_R_8	Temperatura del fluido nell'accumulo	% Inserire la temperatura del fluido nell'accumulo.	
ACC_R_9:21	Perdite relative all'accumulo dedicato al solo riscaldamento	% Le perdite termiche relative all'intero accumulo sono calcolate in base al coefficiente di dispersione termica dell'accumulo, alla superficie esterna dell'accumulo e alla differenza di temperatura tra la temperatura del fluido nell'accumulo e la temperatura dell'ambiente in cui il serbatoio è posto. Se il serbatoio è posto in ambiente riscaldato, viene utilizzata la temperatura di set-point. Se invece il serbatoio è posto al di fuori dell'ambiente	

		<p>riscaldato, viene utilizzata la temperatura esterna.</p> <p>È stata inoltre posta una condizione di massimo per tali perdite, che non possono essere superiori al 10% del fabbisogno di energia termica in ingresso a tale sistema. Questo valore limite, previsto peraltro dalla Normativa UNI TS 11300 - 2, è necessario per evitare che le perdite calcolate dal programma non tendano ad infinito, nel caso in cui si inserisca un valore dello spessore dello strato isolante troppo piccolo.</p>	
<p>ACC_R_23:35</p>	<p>Perdite recuperate relative all'accumulo dedicato al solo riscaldamento</p>	<p>% Le perdite recuperate sono, secondo Normativa, prese pari al 95% di quelle totali se l'accumulo in questione si trova all'interno di un ambiente riscaldato; sono invece prese nulle se il sistema di accumulo si trova al di fuori dell'ambiente riscaldato.</p>	

Foglio di lavoro "RECUP"

Questo foglio di calcolo non prevede l'inserimento di alcun input da parte dell'auditor, ma è riportato ugualmente per visualizzare l'entità delle perdite dei vari sottosistemi che si trasformano in recuperi per l'involucro, andando quindi a diminuire la richiesta di energia primaria a livello dei generatori.

Secondo la Normativa UNI TS 11300 – 1, il fabbisogno energetico richiesto per il mantenimento del locale ad una temperatura di set – point deve essere calcolato tenendo conto delle varie dispersioni (elementi opachi, elementi fenestrati, ponti termici, ventilazione ed infiltrazioni) e degli apporti gratuiti (apporti solari ed apporti interni). Nella scheda OUTPUT_INV si è provveduto a dare una stima iniziale del fabbisogno richiesto dall'involucro considerando tutte le dispersioni e, come apporti, solamente quelli dovuti al sole, alla presenza di occupanti e all'utilizzo di apparecchiature elettriche. In realtà viene recuperata anche parte dell'energia che si trasforma in perdite nei sottosistemi di emissione, regolazione, distribuzione e accumulo (per il servizio di riscaldamento) e nei sottosistemi di erogazione, distribuzione e accumulo (per il servizio di ACS).

Bisognerebbe quindi seguire una procedura iterativa che ricalcoli il fabbisogno dell'involucro in base ai recuperi che questo ottiene dai sottosistemi precedentemente indicati; poiché il fabbisogno varia, varieranno anche le perdite dei vari sottosistemi. Anche le perdite recuperate dall'involucro, quindi, saranno generalmente diverse da quelle precedentemente trovate, rendendo necessaria una nuova correzione del fabbisogno dell'involucro, e così via. La procedura iterativa dovrebbe, secondo la Normativa, essere ripetuta più volte prima di arrivare a convergenza: tuttavia in genere è sufficiente un'unica iterazione per raggiungere la convergenza.

Nel programma creato si è appunto implementata un'unica iterazione per il calcolo del fabbisogno. Come sottosistemi concorrenti al recupero, sono stati considerati tutti gli accumuli (combysystem, ACS e riscaldamento), la distribuzione dell'ACS e gli ausiliari elettrici di emissione (i ventilconvettori, per i quali si suppone che tutta l'energia usata a livello dei ventilatori si trasformi totalmente in entalpia ceduta all'aria). Non sono stati considerati recuperi provenienti dal sottosistema di regolazione e di distribuzione per il servizio di riscaldamento: le perdite di tali sottosistemi sono generalmente trascurabili rispetto al fabbisogno energetico richiesto dall'involucro, e di conseguenza la frazione di esse che viene recuperata può anche non essere considerata nel calcolo.

Una volta ricalcolato il fabbisogno di involucro, che ovviamente sarà minore rispetto al valore trovato considerando solo gli apporti solari, di occupazione e di apparecchiature elettriche, si procede a ritroso, andando a calcolare i fabbisogni che sono necessari all'ingresso dei vari sottosistemi. Si è ipotizzato, a tal proposito, che i rendimenti dei sottosistemi di emissione, di regolazione e di distribuzione per il servizio di riscaldamento rimanessero gli stessi calcolati precedentemente: questa semplificazione è comunque ben posta se si ipotizza che il fabbisogno energetico richiesto vari di poco a causa dei recuperi, e che quindi anche i sottosistemi successivi lavorino in condizioni molto simili a quelle previste dal caso precedente e dunque, in prima approssimazione, con gli stessi rendimenti.

I fabbisogni definitivi che sono visibili in fondo a questa scheda sono quindi i fabbisogni definitivi richiesti direttamente ai generatori che devono soddisfare i due servizi di ACS e riscaldamento.

Foglio di lavoro “GENERAZIONE”

Le schede di generazione eseguono l’analisi del sottosistema di generazione consentendol’inserimento di diversi dispositivi, fino ad un numero massimo di otto. Le tipologie previste sono “Teleriscaldamento”, “Caldaia a biomassa”, “Pompe di calore”, “Pompe di calore ACS interne¹⁸”, “Generatore a combustibili fossili”.

Ordine schede e priorità di intervento

Le diverse schede (“Generazione”, “Generazione (2)”, “Generazione (3)”, ...) sono collegate tra loro e vengono usate per modellare un sistema di generazione in cascata: se il generatore (n) non riesce a soddisfare il fabbisogno richiesto per uno specifico servizio, il valore dell’energia residua rimasta viene trasmessa al generatore (n+1) come nuovo fabbisogno in uscita.

Questo vuol dire che *l’ordine con cui si inseriscono i generatori rappresenta anche la priorità di intervento degli stessi*: se si vuole riprodurre una precisa sequenza di attivazione, bisogna prestare attenzione all’ordinedi implementazione nelle schede. Si ricorda che l’ordine di priorità da normativa è fornito dalla UNI/TS 11300-4 nel Prospetto 6.

Struttura della scheda

La scheda di generazione è divisa in 3 settori:

1. Nelle prime righe della scheda (3:31) sono riepilogati i carichi di riscaldamento ed ACS richiesti al singolo generatore ed il tempo a disposizione per soddisfarli. Essi costituiscono i valori energetici di input per la procedura di calcolo.

Ore di accensione ACS			Energia richiesta al sistema di generazione per Servizio ACS	
	[h]			[kWh]
Gennaio	203,714		Gennaio	0,000
Febbraio	184,000		Febbraio	0,000
Marzo	203,714		Marzo	0,000
Aprile	197,143		Aprile	0,000
Maggio	203,714		Maggio	0,000
Giugno	197,143		Giugno	0,000
Luglio	203,714		Luglio	0,000
Agosto	203,714		Agosto	0,000
Settembre	197,143		Settembre	0,000
Ottobre	203,714		Ottobre	0,000
Novembre	197,143		Novembre	0,000
Dicembre	203,714		Dicembre	0,000
Ore di accensione RISC			Energia richiesta al sistema di generazione per Servizio Riscaldamento	
	[h]			[kWh]
Gennaio	203,714		Gennaio	13307,949
Febbraio	184,000		Febbraio	9965,206
Marzo	203,714		Marzo	4392,388
Aprile	98,571		Aprile	234,557
Maggio	0,000		Maggio	0,000
Giugno	0,000		Giugno	0,000
Luglio	0,000		Luglio	0,000
Agosto	0,000		Agosto	0,000
Settembre	0,000		Settembre	0,000
Ottobre	0,000		Ottobre	0,000
Novembre	197,143		Novembre	4958,363
Dicembre	203,714		Dicembre	12638,960

2. Nelle righe centrali sono presenti i campi dove inserire le caratteristiche costruttive del generatore, differenti per ogni tipologia.

3. Nelle ultime righe sono riportati i risultati dell’analisi del generatore. Si riporta la descrizione dei campi principali.

- **Energia fornita dal generatore:**

Queste colonne riassumono l’energia che il generatore fornisce per lo specifico servizio (ACS e riscaldamento). Questi valori possono coincidere o meno con l’intero fabbisogno richiesto a seconda della taglia del generatore.

¹⁸ Conosciuti anche come “Scalda-acqua a pompa di calore”

Servizio ACS	Energia fornita dal generatore [kWh]	Energia fornita da integrazione elettrica [kWh]	Rendimento di generazione	Energia in ingresso al generatore [kWh]
Gennaio	0,000	0,000	0,000	0,00
Febbraio	0,000	0,000	0,000	0,00
Marzo	0,000	0,000	0,000	0,00
Aprile	0,000	0,000	0,000	0,00
Maggio	0,000	0,000	0,000	0,00
Giugno	0,000	0,000	0,000	0,00
Luglio	0,000	0,000	0,000	0,00
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,00
Settembre	0,000	0,000	0,000	0,00
Ottobre	0,000	0,000	0,000	0,00
Novembre	0,000	0,000	0,000	0,00
Dicembre	0,000	0,000	0,000	0,00

Servizio RISC	Energia fornita dal generatore [kWh]	FC	Rendimento di generazione	Energia in ingresso al generatore [kWh]
Gennaio	13307,949	0,510	0,859	15485,22
Febbraio	9965,206	0,423	0,836	11916,09
Marzo	4392,388	0,168	0,679	6468,22
Aprile	234,557	0,019	0,200	1174,55
Maggio	0,000	0,000	0,000	0,00
Giugno	0,000	0,000	0,000	0,00
Luglio	0,000	0,000	0,000	0,00
Agosto	0,000	0,000	0,000	0,00
Settembre	0,000	0,000	0,000	0,00
Ottobre	0,000	0,000	0,000	0,00
Novembre	4958,363	0,196	0,713	6949,72
Dicembre	12638,960	0,485	0,853	14811,13

- **Rendimento di Generazione-COP-GUE**

Questa colonna cambia intestazione a seconda della tipologia di generazione analizzata. I valori visualizzati sono calcolati come rapporto tra l'energia fornita dal generatore e l'energia in ingresso allo stesso.

- **Energia fornita da integrazione elettrica**

Alcune tipologie di generatori, ad esempio le pompe di calore, possono essere dotate di resistenze elettriche di integrazione che vengono attivate in caso di necessità. Si suppone che, dove prevista, la resistenza elettrica abbia priorità sul generatore successivo.

- **Fattore di carico (FC)/ Capacity Ratio (CR)**

Mentre per il servizio di ACS il fattore di carico del generatore è unitario, per il servizio di riscaldamento è utile verificare questo valore il quale può essere utilizzato per valutare il corretto dimensionamento del dispositivo.

- **Energia in ingresso al generatore**

Queste colonne riassumono l'energia (termica o elettrica) che il generatore richiede per fornire energia per lo specifico servizio (ACS e riscaldamento).

- **Consumo Energia elettrica ausiliari**

In questa tabella vengono riportati i consumi di energia elettrica per ausiliari dello specifico generatore analizzato. I valori sono suddivisi per tipo di servizio.

Consumo En Elettrica ausiliari	Servizio ACS [kWh]	Servizio Riscaldamento [kWh]
Gennaio	0,000	12,008
Febbraio	0,000	10,846
Marzo	0,000	8,082
Aprile	0,000	1,747
Maggio	0,000	0,000
Giugno	0,000	0,000
Luglio	0,000	0,000
Agosto	0,000	0,000
Settembre	0,000	0,000
Ottobre	0,000	0,000
Novembre	0,000	8,631
Dicembre	0,000	12,008

- **Fabbisogno di Energia residuo**

I valori riportati in queste colonne rappresentano l'energia che il generatore analizzato non è riuscito a soddisfare. Questi valori rappresentano quindi i carichi di riscaldamento ed ACS richiesti al generatore successivo nell'ordine delle schede.

Fabbisogno di energia residuo	Energia residua ACS per generatore successivo [kWh]	Energia residua RISC per generatore successivo [kWh]
Gennaio	0,000	0,000
Febbraio	0,000	0,000
Marzo	0,000	0,000
Aprile	0,000	0,000
Maggio	0,000	0,000
Giugno	0,000	0,000
Luglio	0,000	0,000
Agosto	0,000	0,000
Settembre	0,000	0,000
Ottobre	0,000	0,000
Novembre	0,000	0,000
Dicembre	0,000	0,000

Esecuzione della scheda

Nelle celle C34 e C35 è possibile selezionarne la tipologia ed il tipo di servizio effettuato dal dispositivo. Al variare della cella C34 compariranno l’insieme dei campi di input specifici per la tipologia di generatore scelto.

Una volta terminato di inserire le caratteristiche richieste nella scheda di input del generatore, selezionando la cella “Calcola”, l’applicativo procederà con il calcolo dei dati di output.

Occorre riavviare le macro anche quando nella seconda fase si effettua il tuning dei dati più incerti, dopo aver fatto le modifiche. Solo in questo modo verranno implementate le procedure e quindi i cambiamenti impostati nei precedenti fogli di inserimento dati.

Una volta inseriti tutti i dati di input e calcolata l’energia primaria necessaria in ingresso, scegliere il tasto “Passa al generatore successivo” (nel caso sia presente un altro generatore) oppure “Passa alla compilazione dell’impianto fotovoltaico”. Quest’ultimo tasto deve essere premuto solamente quando sono stati descritti tutti i generatori presenti.

Nel caso in cui il fabbisogno richiesto dal locale sia stato già soddisfatto ma siano presenti altri generatori, questi possono essere inseriti nelle schede successive, facendo però attenzione a non premere il tasto “Calcola”. Nel caso in cui questo venga accidentalmente premuto, comparirà un messaggio di warning in cui si ricorda all’auditor che il fabbisogno dell’involucro è stato già soddisfatto dai generatori precedenti. Si noti inoltre che, se si vogliono inserire altri generatori nonostante il fabbisogno sia stato già soddisfatto completamente, accanto al tasto “Passa al generatore successivo” comparirà automaticamente un messaggio con il quale si ricorda all’auditor che il generatore successivo non contribuirà al soddisfacimento dell’involucro.

Input principali - Teleriscaldamento

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
41	Fattore di perdita della sottostazione (Kss)	<p>Selezionare il valore “Noto” qualora il fornitore della sottostazione fornisca il fattore di perdita della sottostazione. In questo caso, la potenza termica dispersa in ambiente dalla sottostazione è semplicemente proporzionale alla differenza di temperatura tra fluido termovettore ed ambiente.</p> <p>Selezionare il valore “Sconosciuto” qualora non si sia a conoscenza del fattore di perdita della sottostazione. In questo caso, la potenza termica dispersa in ambiente dalla sottostazione viene calcolata attraverso dei coefficienti suggeriti dalla normativa.</p>	

Input principali - Caldaia a biomassa

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
53	Efficienza della caldaia in condizioni nominali	<p>Selezionare “Valore Noto” se si ha a disposizione almeno un valore del rendimento della caldaia fornito del costruttore.</p> <p>Selezionare “Valore non Noto” se non si hanno informazioni. In questo caso è applicabile solo la metodologia proposta dalla normativa UNI/TS 11300-4.</p>	
54	Si ha a disposizione un ulteriore valore di rendimento in corrispondenza di un valore di potenza diverso da quello nominale (dati forniti dal costruttore)?	<p>Selezionare “Sì” nel caso si disponga di almeno due valori del rendimento della caldaia fornito dal costruttore. In questo caso sarà applicata la metodologia proposta dalla normativa UNI EN 15316-4-7.</p> <p>Selezionare “No” nel caso si abbia a disposizione un unico valore del rendimento della caldaia fornito dal costruttore. In questo caso sarà applicata la metodologia proposta dalla normativa UNI/TS 11300-4.</p>	

Input principali - Pompe di calore

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
35	Tipo di ciclo	<p>Quando nella riga 34 viene selezionata “Pompa di calore” come tipologia di generatore, comparirà la riga 35 nel quale è necessario selezionare il tipo di ciclo della macchina.</p> <p>La cella per la selezione della tipologia di servizio (ACS, riscaldamento, misto) verrà spostata nella riga 36.</p>	
43	Tipo di sorgente fredda	<p>La metodologia prevista dalla normativa prevede una procedura di calcolo molto diversa se la sorgente fredda è costituita da aria esterna (PdC Aria-Aria, Aria-Acqua) o da altro.</p> <p>L’opzione “Aria” attiva la procedura di calcolo basata sulla determinazione dei BIN proposta dalla UNI/TS 11300-4.</p> <p>L’opzione “Acqua, terreno o roccia” prevede invece l’inserimento manuale dei valori medi mensili della sorgente fredda, in quanto per questi casi non esiste una normativa di riferimento.</p>	
57:58	Temperatura minima di funzionamento ACS/RISC	In queste celle bisogna inserire il valore minimo, fornito dal costruttore, della temperatura della sorgente fredda sotto il quale la macchina viene disattivata.	[°C]
61	Fattori correzione secondo UNI EN 14825	La normativa UNI EN 14825 prevede che il costruttore fornisca due parametri per la variazione del COP/GUE della pompa di calore al variare del proprio Capacity Ratio (CR). Nel caso questi valori non siano disponibili, l’applicativo imposta due valori di default suggeriti dalla normativa.	
66:72		Nelle righe 66:72 l’auditor deve inserire i dati forniti dal costruttore da catalogo per la potenza termica fornita dalla pompa di calore. Si possono inserire fino ad un massimo di 4	

		<p>valori temperatura di sorgente fredda e 4 valori di temperatura per la sorgente calda.</p> <p>Ovviamente non è necessario riempire l'intera tabella, ma è consigliato fornire quanti più dati possibili scegliendo quelli che si ritengono più significativi.</p> <p>Nelle caselle evidenziate in rosso della figura sottostante, con lo sfondo verde chiaro, devono essere inseriti i valori di temperatura della sorgente calda forniti dal costruttore.</p> <p>Nelle caselle evidenziate in blu della figura sottostante, con lo sfondo verde chiaro, devono essere inseriti i valori di temperatura della sorgente fredda forniti dal costruttore.</p> <p>Nelle caselle rimanenti devono essere inseriti i valori della potenza termica (kW) corrispondenti alle due temperature.</p>	
74:81		<p>In questa tabella non è necessario reinserire i valori di temperatura delle sorgenti, in quanto l'applicativo li preleva direttamente dalla tabella relativa alla potenza termica.</p> <p>Inserire unicamente i valori di potenza elettrica/termica in entrata al dispositivo forniti dal costruttore.</p>	

	Potenza termica [kW]					
			Temperatura sorgente fredda [°C]			
Temperatura sorgente Calda [°C]						

Input principali – Pompe di calore ACS interna

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
41	K boll - Se assente inserire 0	In questa cella deve essere inserito il fattore di dispersione dell'accumulo ove presente. Altrimenti inserire il valore 0.	

Input principali – Generatore a combustibili fossili

La metodologia di calcolo si basa sull'interpolazione dei rendimenti del generatore in funzione del fattore di carico dello stesso. All'auditor è consentito di scegliere se inserire i rendimenti a potenza nominale, intermedia (30%) e le perdite a carico nullo manualmente oppure utilizzare i valori da normativa.

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
56	Metodo calcolo - Rendimenti	L'opzione "Inserimento Manuale" permetterà all'utente di inserire i valori da catalogo relativi al dispositivo da analizzare. L'opzione "Valori di Default" imposterà i rendimenti minimi a carico nominale e a carico parziale ai valori minimi previsti dalla Direttiva 92/42/CEE	
59	Metodo calcolo - Ausiliari	L'opzione "Inserimento Manuale" permetterà all'utente di inserire i valori di potenza degli ausiliari nei tre regimi di funzionamento (nominale, intermedio, carico nullo) riferendosi al catalogo fornito dal costruttore. L'opzione "Valori di Default" imposterà in automatico i valori di potenza degli ausiliari nei tre regimi di funzionamento (nominale,	

		intermedio, carico nullo) calcolandoli secondo la metodologia proposta dalla normativa.	
63	Metodo calcolo - Perdite a carico nullo	L'opzione "Inserimento Manuale" permetterà all'utente di inserire i valori di perdita a in regime di funzionamento a carico nullo riferendosi al catalogo fornito dal costruttore. L'opzione "Valori di Default" imposterà in automatico i valori di perdita a in regime di funzionamento a carico nullo calcolandoli secondo la metodologia proposta dalla normativa.	

Fogli di simulazione di impianti solari termici

Per la simulazione delle prestazioni di un impianto solare termico si fa riferimento, come meglio specificato nel report A del presente contratto, alla normativa UNI/TS 11300-4 e quindi al metodo *carta-f*, sviluppato nell'Università di Wisconsin.

Poiché non è stata prevista la presenza di più di un impianto solare termico o più di un impianto solare fotovoltaico, in questi casi occorre inserire un impianto "equivalente" a quelli presenti. L'operazione di sintesi di più impianti in uno equivalente è affidata all'auditor. Si specifica comunque che per alcune variabili (rendimento dei moduli fotovoltaici, inclinazione rispetto al piano orizzontale, coefficienti di dispersione, ecc...) è sufficiente effettuare una media pesata sulle superfici dei due diversi impianti; per altre variabili (quali l'area dei moduli o dei collettori) occorre effettuare la somma delle variabili; in altri casi, in particolare per l'angolo di azimut, occorre effettuare una media pesata sulle superfici tenendo conto però che la media aritmetica degli angoli può portare ad errori (la media tra ovest e est darebbe sud!).

Ipotesi di schematizzazione:

- Collettori omogenei tra loro per tipologia, orientamento e inclinazione (altrimenti ipotizzare un impianto dotato di caratteristiche medie tra quelli presenti) collegati tra loro in parallelo.
- Assenza di ostruzioni solari laterali o puntuali (aggetti verticali, antenne, alberi...). Sono invece stati considerati gli ostacoli all'orizzonte (calcolo della radiazione solare secondo la UNI/TR 11328 in presenza di ostruzioni all'orizzonte).
- Collettori ad acqua.
- Collettori per solo riscaldamento o per sola produzione di acqua calda sanitaria o per produzione combinata di acqua calda sanitaria e riscaldamento.
- Schemi di impianto a cui è applicabile la seguente simulazione: impianti a circolazione naturale; impianti a circolazione forzata; impianti a svuotamento; impianti con serbatoio di preriscaldamento; impianti con serbatoio distinto di integrazione termica;
- Le perdite termiche recuperate dall'impianto che vanno a diminuire il fabbisogno per riscaldamento non determinano un nuovo conteggio del fattore di copertura dell'impianto solare (non si effettua un ciclo iterativo data la piccola entità delle perdite stesse).
- Le perdite termiche recuperabili e recuperate dai tratti di tubazione di collegamento tra il serbatoio di accumulo e il generatore ausiliario (nonché chiaramente quelle relative a tutti i tratti di tubazione a valle dell'impianto solare, sia per fornitura di ACS sia per riscaldamento) sono escluse da questo foglio di lavoro e devono invece essere inserite in quello della distribuzione relativa all'impianto di riscaldamento.
- Le perdite termiche dei tratti di tubazione che collegano i collettori solari con il serbatoio di accumulo sono già comprese nel calcolo dei fattori adimensionali X e Y.
- Le perdite termiche associate agli ausiliari elettrici si considerano come produzione termica aggiuntiva a quella dell'impianto e quindi come quota aggiuntiva a valle del calcolo generale, senza necessità di calcoli iterativi.

Foglio di calcolo "INPUT_ST"

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
ST_5	È presente una o più ostruzioni all'orizzonte che ombreggiano i collettori?	%Specificare se sono presenti ombreggiamenti sulla superficie dei o del collettore dovuti a ostacoli all'orizzonte. Se sono presenti molteplici e differenti ostruzioni, si può considerarne uno con caratteristiche medie o quello che determina il massimo angolo di ostruzione (ad esempio, l'edificio più alto all'orizzonte).%	[-]
ST_6	INSERISCI L'AZIMUT DI INIZIO OSTRUZIONE (scompare del sole)	%Inserire l'angolo di azimut a partire dal quale si ha ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che a sud l'angolo di azimut è nullo; è positivo verso ovest e negativo verso est.%	[°]
ST_7	INSERISCI L'AZIMUT DI FINE OSTRUZIONE (ricompare del sole)	%Inserire l'angolo di azimut oltre il quale non si ha più ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che a sud l'angolo di azimut è nullo; è positivo verso ovest e negativo verso est.%	[°]
ST_8	INSERISCI L'ALTEZZA SOLARE DELL'OSTRUZIONE	%Inserire l'angolo di altezza solare dell'ostacolo più alto all'orizzonte, considerato come linea d'ombra (se si tratta di un tetto inclinato, considerare la linea del colmo), a partire dal quale si ha ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che l'angolo di altezza solare è quello compreso tra il piano orizzontale e la linea che congiunge l'osservatore e il punto più alto dell'ostacolo.%	[°]
ST_13	Area lorda complessiva dei collettori	% Inserire l'area lorda (comprensiva di cornice) di tutti i collettori che compongono l'impianto. %	[m ²]
ST_14	Volume totale del serbatoio di accumulo	% Inserire il volume di accumulo, includendo la eventuale quota dedicata all'integrazione.%	[l]
ST_15	È presente un serbatoio distinto per l'integrazione termica	% Scegliere sì nel menù a tendina se è presente un serbatoio separato esclusivamente dedicato all'integrazione termica con un generatore ausiliario. Altrimenti no.%	[-]
ST_16	INSERISCI VOLUME DEL SERBATOIO DI ACCUMULO DEDICATO ALL'INTEGRAZIONE/NON COMPILARE	%Inserire la quota, all'interno del serbatoio di accumulo (ST_15), dedicata all'integrazione. Tipicamente si calcola il volume interessato dalla serpentina di integrazione. Questo campo riporta la dicitura "NON COMPILARE" se è presente un serbatoio di accumulo totalmente distinto da quello dell'impianto solare.%	[l]
ST_17	Tipologia di integrazione con riscaldatore ausiliario in accumulo	% Nel caso di integrazione termica direttamente nel serbatoio di accumulo, quindi senza serbatoio di accumulo distinto (campo n°11), scegliere quale modalità di integrazione è presente: 1.Integrazione permanente. 2.Integrazione notturna. 3.Nessuna integrazione. Il serbatoio è quello di preriscaldamento. 4.Integrazione di emergenza.%	[-]

ST_18	Coefficiente di controllo di integrazione in accumulo	% In funzione della scelta del campo n°18, questo campo riporta il valore di normativa.%	[-]
ST_19	Tipologia di collegamento del sistema solare	% Scegliere, se l'impianto è dedicato al solo riscaldamento, se è presente o no il serbatoio di accumulo. Generalmente è sempre presente, ma la normativa prende in considerazione anche il caso in cui l'accumulo sia costituito dal contenuto d'acqua dell'impianto stesso.%	[-]
ST_20	Coefficiente di scambio termico del collettore di ordine zero	% Scegliere se è noto o meno il valore del coefficiente di scambio termico del collettore di ordine zero. Si ritiene questo dato facilmente reperibile perché presente in scheda tecnica con il nome "efficienza ottica o grado di rendimento ottico, fattore di conversione η_0 " e quindi si consiglia l'inserimento manuale.%	[-]
ST_21	Valore da normativa	% In funzione del campo n°5, questa cella riporta il valore di normativa del coefficiente di scambio di ordine zero.%	[W/m ² K]
ST_22	Inserisci valore noto	%Inserire il valore noto. La fonte è generalmente la scheda tecnica del collettore.%	[W/m ² K]
ST_23	Coefficiente di scambio termico del collettore di primo ordine	%Scegliere se è noto o meno il valore del coefficiente di scambio termico del collettore di primo ordine. Si ritiene questo dato facilmente reperibile perché presente in scheda tecnica, con il nome "coefficiente di perdita o coefficiente di dispersioni o coefficiente effettivo di conducibilità termica k_1 o α_1 " e quindi si consiglia l'inserimento manuale.%	[-]
ST_24	Valore da normativa	%In funzione del campo n°5, questa cella riporta il valore di normativa del coefficiente di scambio di primo ordine.%	[W/m ² K]
ST_25	Inserisci valore noto	%Inserire il valore noto. La fonte è generalmente la scheda tecnica del collettore, indicato con il simbolo η_{t1} .%	[W/m ² K]
ST_26	Coefficiente di scambio termico del collettore di secondo ordine	%Scegliere se è noto o meno il valore del coefficiente di scambio termico del collettore di secondo ordine. Si ritiene questo dato facilmente reperibile perché presente in scheda tecnica con il nome "coefficiente di perdita o coefficiente di dispersioni o coefficiente effettivo di conducibilità termica K_2 o α_2 " e quindi si consiglia l'inserimento manuale.%	[-]
ST_27	Valore da normativa	%In funzione del campo n°5, questa cella riporta il valore di normativa del coefficiente di scambio di secondo ordine.%	[W/m ² K]
ST_28	Inserisci valore noto	%Inserire il valore noto. La fonte è generalmente la scheda tecnica del collettore, indicato con il simbolo η_{t2} .%	[W/m ² K]
ST_29	Valore correttivo dell'angolo di incidenza	%Scegliere se è noto o meno il valore correttivo dell'angolo di incidenza della radiazione solare sul collettore.%	[-]
ST_30	Valore da normativa	%In funzione del campo n°5, questa cella riporta il valore di normativa dell'angolo di incidenza della radiazione solare sul collettore.%	[-]
ST_32	Potenza elettrica complessiva degli ausiliari	%Scegliere se è noto o meno la potenza elettrica complessiva degli ausiliari dell'impianto (pompa di circolazione, sistema di controllo...). Non si devono considerare come ausiliari né la eventuale serpentina elettrica di riscaldamento ausiliario del serbatoio né gli ausiliari dell'impianto di riscaldamento o di produzione di ACS. Si consiglia di reperire tale dato dalle schede tecniche delle macchine o in fase di sopralluogo. La suddivisione %	[-]

ST_33	INSERISCI VALORE NOTO/NON COMPILARE	%In funzione del campo n°36, questa cella riporta il valore di normativa della potenza totale elettrica degli ausiliari.%	[W]
-------	--	--	-----

Foglio di calcolo "OUTPUT_ST"

In questo foglio di calcolo si riportano i principali risultati intermedi (in blu) e i principali risultati definitivi per la simulazione di un impianto solare termico.

Si riporta, cella per cella, il significato del dato e si rimanda al report di fase A, e al contratto "Metodologia Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario" per ogni riferimento normativo e per il modello di calcolo adottato.

Mese	X_ACS	X_R
	[-]	[-]
Gennaio	% Questa cella riporta il risultato, mese per mese, del parametro adimensionale X, in caso di totale o parziale copertura del carico termico per acqua calda sanitaria. Gli input utilizzati sono l'area del collettore per produzione di acqua calda sanitaria, i coefficienti di scambio termico del collettore di primo e secondo ordine, la temperatura esterna, il volume efficace del serbatoio per produzione di acqua calda sanitaria e il carico termico per produzione di acqua calda sanitaria. In caso di impianto per solo riscaldamento questo parametro risulterà nullo. Nel caso di combi system, vengono calcolati l'area del collettore e il volume efficace per ACS tramite una ripartizione tra i due usi finali pesata sui fabbisogni richiesti. Il valore X deve essere compreso tra 0 e 18 per l'applicabilità di questo modello. In caso contrario viene segnalato in fondo alla colonna dei valori e la correttezza della simulazione non è garantita %	%Questa cella riporta il risultato, mese per mese, del parametro adimensionale X, in caso di totale o parziale copertura del carico termico per riscaldamento. Gli input utilizzati sono l'area del collettore per riscaldamento, i coefficienti di scambio termico del collettore di primo e secondo ordine, la temperatura esterna, il volume efficace del serbatoio per riscaldamento e il carico termico per riscaldamento. In caso di impianto per sola produzione di acqua calda sanitaria questo parametro risulterà sempre nullo. Nel caso di combi system, vengono calcolati l'area del collettore e il volume efficace per riscaldamento tramite una ripartizione tra i due usi finali pesata sui fabbisogni richiesti. Il valore X deve essere compreso tra 0 e 18 per l'applicabilità di questo modello. In caso contrario viene segnalato in fondo alla colonna dei valori e la correttezza della simulazione non è garantita.%
...		
Dicembre		

Mese	Y_ACS	Y_R
	[-]	[-]
Gennaio	%Questa cella riporta il risultato, mese per mese, del parametro adimensionale Y, in caso di totale o parziale copertura del carico termico per acqua calda sanitaria. Gli input utilizzati sono l'area del collettore per produzione di acqua calda sanitaria, il coefficiente di scambio termico del collettore di ordine zero, l'irraggiamento solare incidente sul collettore e il carico termico per produzione di acqua calda sanitaria. In caso di impianto per solo riscaldamento questo parametro risulterà nullo. Nel caso di combi system, viene calcolata l'area del collettore per ACS tramite una ripartizione tra i due usi finali pesata sui fabbisogni richiesti. Il valore Y	%Questa cella riporta il risultato, mese per mese, del parametro adimensionale Y, in caso di totale o parziale copertura del carico termico per riscaldamento. Gli input utilizzati sono l'area del collettore per produzione di acqua calda sanitaria, il coefficiente di scambio termico del collettore di ordine zero, il valore correttivo dell'angolo di incidenza della radiazione solare sul collettore, l'irraggiamento solare incidente sul collettore e il carico termico per per riscaldamento. In caso di impianto per sola produzione di acqua calda sanitaria questo parametro risulterà sempre nullo. Nel caso di combi system, viene calcolata l'area del collettore per riscaldamento tramite una ripartizione tra i
...		
Dicembre		

	deve essere compreso tra 0 e 3 per l'applicabilità di questo modello. In caso contrario viene segnalato in fondo alla colonna dei valori e la correttezza della simulazione non è garantita.%	due usi finali pesata sui fabbisogni richiesti Il valore Y deve essere compreso tra 0 e 3 per l'applicabilità di questo modello. In caso contrario viene segnalato in fondo alla colonna dei valori e la correttezza della simulazione non è garantita.%
--	---	--

Mese	T_EST	IRR_M_MEDIA
	[°C]	[kWh/m ²]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della temperatura esterna nel giorno medio mensile (15 di ogni mese), come riportato nella normativa UNI 10349.%	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della radiazione solare globale (diretta, diffusa e riflessa) nel giorno medio mensile, calcolato secondo la normativa UNI/TR 11328. Gli input necessari sono costituiti dalla radiazione solare diretta e diffusa su piano orizzontale contenuti nella normativa UNI 10349, dalla latitudine dell'edificio soggetto ad audit, dall'inclinazione e orientamento del collettore, dall'ambiente circostante (che determina il coefficiente di albedo).%
...		
Dicembre		

Mese	Q_ACS	Q_R
	[kWh/mese]	[kWh/mese]
Gennaio	% Questi dati sono direttamente richiamati da quelli inseriti nel foglio relativo al fabbisogno per acqua calda sanitaria, includendo le perdite di erogazione e di distribuzione (specifica quali celle). Si consiglia, se presente un impianto solare termico, di reperire con accuratezza i dati di richiesta idrica mensile, specialmente se si differenziano all'interno dell'anno, per meglio calcolare la copertura con l'impianto solare. Se non si ha produzione di acqua calda sanitaria dall'impianto solare termico, queste celle avranno valore nullo.%	% Questi dati sono direttamente richiamati da quelli inseriti nel foglio relativo al fabbisogno per involucro (specifica quali celle) e riportano, mese per mese, il fabbisogno di energia termica per riscaldamento, incluse le perdite per emissione, regolazione e distribuzione. Se non si ha copertura del fabbisogno per riscaldamento dall'impianto solare termico, queste celle avranno valore nullo.%
...		
Dicembre		

Mese	Q_ELE_ACS	Q_ELE_R
	[kWh/mese]	[kWh/mese]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari dell'impianto relativamente alla quota per la produzione di acqua calda sanitaria. La suddivisione mensile viene effettuata con peso sull'irraggiamento incidente sul collettore e sulla richiesta termica per produzione di acqua calda sanitaria rispetto	%Queste celle riportano, mese per mese, l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari dell'impianto relativamente alla quota per riscaldamento. La suddivisione mensile viene effettuata con peso sull'irraggiamento incidente sul collettore e sulla richiesta termica per riscaldamento rispetto alla richiesta totale (in caso di solo riscaldamento questo peso sarà
...		
Dicembre		

	alla richiesta totale (in caso di sola produzione di acqua calda sanitaria questo peso sarà unitario). Nel caso di impianto per solo riscaldamento questi valori saranno nulli. Gli input necessari sono la radiazione solare incidente sul collettore, la richiesta termica per produzione di acqua calda sanitaria e per riscaldamento, la potenza elettrica degli ausiliari per produzione di acqua calda sanitaria.%	unitario). Nel caso di impianto per sola produzione di acqua calda sanitaria questi valori saranno nulli. Gli input necessari sono la radiazione solare incidente sul collettore, la richiesta termica per produzione di acqua calda sanitaria e per riscaldamento, la potenza elettrica degli ausiliari per riscaldamento.%
Valore medio	%Questa cella riporta il valore medio annuale del fabbisogno mensile per acqua calda sanitaria.%	%Questa cella riporta il valore medio annuale del fabbisogno mensile per riscaldamento.%

OUTPUT DEFINITIVI

Mese	%Q_PROD_ACS	%Q_PROD_R
	[-]	[-]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, i valori di percentuale di copertura del fabbisogno termico per produzione di acqua calda sanitaria da parte dell'impianto solare termico. Tali valori sono compresi tra 0 e 1. Se nei mesi estivi il fattore di copertura risulta maggiore di 1, la cella riporta comunque il valore unitario. Gli input necessari sono i due valori X e Y mensili, i coefficienti caratteristici dell'equazione sperimentale del metodo carta f, la presenza di un serbatoio di accumulo vero e proprio o un accumulo intrinseco nell'impianto. In caso di valori di X e Y maggiori dei valori limite vengono adottati nel calcolo i valori massimi.%	%Queste celle riportano, mese per mese, i valori di percentuale di copertura del fabbisogno termico per riscaldamento da parte dell'impianto solare termico. Tali valori sono compresi tra 0 e 1. Se nei mesi estivi il fattore di copertura risulta maggiore di 1, la cella riporta comunque il valore unitario. Gli input necessari sono i due valori X e Y mensili, i coefficienti caratteristici dell'equazione sperimentale del metodo carta f, la presenza di un serbatoio di accumulo vero e proprio o un accumulo intrinseco nell'impianto. In caso di valori di X e Y maggiori dei valori limite vengono adottati nel calcolo i valori massimi.%
...		
Dicembre		

Totale annuale [kWh]	%Questa cella riporta il valore medio annuale del fattore di copertura del fabbisogno per acqua calda sanitaria da parte dell'impianto.%	%Questa cella riporta il valore medio annuale del fattore di copertura del fabbisogno per riscaldamento da parte dell'impianto.%
----------------------	--	--

Mese	P_REC_ACS	P_REC_R
	[kWh/mese]	[kWh/mese]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, la quota di perdite termiche prima descritte relative al servizio di produzione di ACS dovute agli ausiliari elettrici recuperate dal fluido. Si recepisce il fattore moltiplicativo di 0.8 adottato dalla normativa per la conversione	%Queste celle riportano, mese per mese, la quota di perdite termiche prima descritte relative al servizio di riscaldamento dovute agli ausiliari elettrici recuperate dal fluido. Si recepisce il fattore moltiplicativo di 0.8 adottato dalla normativa per la conversione
...		
Dicembre		

	dell'energia elettrica assorbita dall'impianto in energia termica ceduta al fluido.%	dell'energia elettrica assorbita dall'impianto in energia termica ceduta al fluido.%
--	--	--

Totale annuale [kWh]	%Questa cella riporta il valore medio annuale delle perdite recuperate nel caso di impianto per produzione di acqua calda sanitaria.%	%Questa cella riporta il valore medio annuale delle perdite recuperate nel caso di impianto per riscaldamento.%
----------------------	---	---

Foglio di lavoro "INPUT_FV"

Per la simulazione della producibilità di un impianto solare fotovoltaico collegato alla zona soggetta d audit sono presenti, in questo applicativo, due metodi: il primo, più approssimato e meno dettagliato, segue il procedimento di calcolo presente nella normativa UNI 11300-4. Tale metodo va adottato quando non è possibile conoscere i dettagli dell'impianto o quando si voglia effettuare una prima stima, ancora non definitiva, di un intervento di installazione. Il secondo metodo, (metodo di Evans, dall'omonima Clean energy project analysis: Retscreen engineering & cases textbook, Photovoltaicproject analysis, www.retscreen.net) prevede invece l'inserimento di alcuni dati in più presenti nelle schede tecniche dei moduli fotovoltaici, e il calcolo delle variazioni di rendimento del modulo fotovoltaico in funzione delle grandezze climatiche esterne (temperatura esterna, che determina la temperatura della cella fotovoltaica, e irradianza solare).

Poiché non è stata prevista la presenza di più di un impianto solare termico o più di un impianto solare fotovoltaico, in questi casi occorre inserire un impianto "equivalente" a quelli presenti. L'operazione di sintesi di più impianti in uno equivalente è affidata all'auditor. Si specifica comunque che per alcune variabili (rendimento dei moduli fotovoltaici, inclinazione rispetto al piano orizzontale, coefficienti di dispersione, ecc...) è sufficiente effettuare una media pesata sulle superfici dei due diversi impianti; per altre variabili (quali l'area dei moduli o dei collettori) occorre effettuare la somma delle variabili; in altri casi, in particolare per l'angolo di azimut, occorre effettuare una media pesata sulle superfici tenendo conto però che la media aritmetica degli angoli può portare ad errori (la media tra ovest e est darebbe sud!).

Ipotesi di semplificazione:

- Si trascura il decadimento temporale delle prestazioni del modulo fotovoltaico, sia quelle presenti nelle prime ore di esposizione (circa il 3-5% rispetto alla potenza di targa, ma tali valori raggiungono il 25% nel caso di moduli a silicio amorfo), sia quelle riguardanti il peggioramento delle prestazioni del modulo nel tempo. Quest'ultima valutazione è molto aleatoria e dipende da molteplici fattori, quali la manutenzione del sistema, gli eventuali danni fisici sul sistema di incapsulamento dei moduli e e quant'altro. In letteratura si possono trovare valori di variazione di potenza per moduli in silicio cristallino di circa 0,1-0,5% annuo.
- Non si calcolano in modo analitico eventuali ombreggiamenti presenti dovuti ad oggetti orizzontali o verticali. Questo tipo di ombreggiamento viene conteggiato, in modo approssimato, all'interno del rendimento B.O.S.. Si considera invece l'ostruzione dovuta ad ostacoli all'orizzonte nel calcolo della radiazione solare tramite UNI/TR 11328.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
FV_1	È presente un impianto fotovoltaico?	% Scegliere dall'apposito menù a tendina se l'impianto fotovoltaico è presente o meno. Se l'impianto non è presente, scegliendo no, tutti gli output successivi verranno automaticamente impostati sul valore nullo. In tal caso, non compilare alcun campo di tale scheda e saltare anche la scheda OUTPUT_FV. %	

FV_5	E' presente una o più ostruzioni all'orizzonte che ombreggiano i collettori?	%Specificare se sono presenti ombreggiamenti sulla superficie dei o del collettore dovuti a ostacoli all'orizzonte. Se sono presenti molteplici e differenti ostruzioni, si può considerarne uno con caratteristiche medie o quello che determina il massimo angolo di ostruzione (ad esempio, l'edificio più alto all'orizzonte).%	
FV_6	INSERISCI L'AZIMUT DI INIZIO OSTRUZIONE (scompare del sole)	%Inserire l'angolo di azimut a partire dal quale si ha ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che a sud l'angolo di azimut è nullo; è positivo verso ovest e negativo verso est.%	[°]
FV_7	INSERISCI L'AZIMUT DI FINE OSTRUZIONE (ricompare del sole)	%Inserire l'angolo di azimut oltre il quale non si ha più ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che a sud l'angolo di azimut è nullo; è positivo verso ovest e negativo verso est.%	[°]
FV_8	INSERISCI L'ALTEZZA SOLARE DELL'OSTRUZIONE	%Inserire l'angolo di altezza solare dell'ostacolo più alto all'orizzonte, considerato come linea d'ombra (se si tratta di un tetto inclinato, considerare la linea del colmo), a partire dal quale si ha ombreggiamento, posizionandosi nel baricentro della superficie captante. Si ricorda che l'angolo di altezza solare è quello compreso tra il piano orizzontale e la linea che congiunge l'osservatore e il punto più alto dell'ostacolo.%	[°]
FV_10	Rendimento del modulo in condizioni standard	%Inserire il valore del rendimento del modulo fotovoltaico che si trova tipicamente nella scheda tecnica. Tale rendimento è dato dal rapporto tra la potenza elettrica di picco e l'area lorda del pannello. E' un valore in condizioni standard di funzionamento (irraggiamento di 1000 W/m ² e temperatura della cella di 25°C). %	[-]
FV_12	Area di ogni modulo	%Inserire l'area del modulo comprensiva della cornice esterna del modulo. Questo dato è presente nelle schede tecniche. In base a questo dato viene ricavato il rendimento del modulo in condizioni standard.%	[m ²]
FV_13	Area di ogni modulo al netto del telaio	%Inserire l'area del modulo detratta della cornice esterna del modulo. Questo dato si ricava con facilità dai dati presenti comunemente nelle schede tecniche. Questo dato è necessario nel caso si voglia stimare la potenza installata in una determinata area. %	[m ²]
FV_17	Coefficiente di temperatura	% Scegliere se è noto o meno il valore del coefficiente di variazione della potenza elettrica del pannello in funzione della temperatura esterna.%	
FV_19	Coefficiente di temperatura	%Questa cella, se il campo FV_72 comunica che il suddetto valore non è noto, riporta il valore del coefficiente di	[%/K]

		variazione percentuale della potenza del pannello in funzione della temperatura della cella fotovoltaica così come indicato in normativa in funzione della tipologia di pannello (campo FV_9). Tale valore è sempre riportato nella scheda tecnica del prodotto, in cui spesso si trovano anche i grafici di variazione.%	
FV_20	Coefficiente di irraggiamento per la correzione del rendimento	% Scegliere se è noto o meno il valore del coefficiente di irraggiamento per la correzione del rendimento del modulo in funzione dell'irraggiamento esterno. Comunemente questo valore si desume dal valore di rendimento in condizioni di basso irraggiamento, dato presente nella scheda tecnica.%	
FV_22	Coefficiente di irraggiamento per la correzione del rendimento	%Questa cella, se il campo FV_20 comunica che il suddetto valore non è noto, riporta un valore medio del coefficiente di variazione percentuale della potenza del pannello in funzione dell'irraggiamento esterno, pari a 0,04.%	[-]
FV_23	NOCT	% Scegliere se è noto o meno il valore della temperatura nominale in condizioni operative della cella fotovoltaica.%	
FV_25	NOCT	%Questa cella riporta il valore della temperatura nominale della cella in condizioni operative, ovvero non in condizioni standard (irraggiamento incidente di 1000 W/mq e temperatura della cella di 25°C), alle quali si misura il rendimento secondo le normative vigenti. Tale valore è funzione della tipologia di pannello (FV_9). %	[°C]
FV_26	Potenza nominale di picco del singolo modulo	% Scegliere se è noto o meno il valore della potenza di picco del singolo modulo presente nell'impianto.%	
FV_28	Potenza nominale di picco	% Questa cella riporta la potenza nominale di picco del singolo modulo. Nel caso questa non sia nota, e quindi non sia stata inserita dall'auditor, viene desunta dai valori tabellati riportati in normativa in funzione della tipologia di modulo (FV_9).%	[W _p]
FV_29	Temperatura della cella		
FV_20	Gennaio	%Queste celle riportano il valore della temperatura della cella fotovoltaica. L'algoritmo di calcolo è specificato successivamente. I valori di input utilizzati sono la NOCT, la temperatura esterna, l'indice di serenità medio mensile, calcolato secondo la UNI/TR 11328.%	[°C]
FV_40	...		[°C]
FV_41	Dicembre		[°C]
FV_42	Irradianza solare media giornaliera		
FV_43	Gennaio	%Queste celle riportano il valore dell'irradianza solare nel giorno medio mensile, calcolata sulle ore di luce (dall'alba al tramonto), seguendo la procedura di calcolo della UNI/TR 11328.%	[W/m ²]
FV_44	...		[W/m ²]
FV_54	Dicembre		[W/m ²]
FV_55	Rendimento di sistema (ηBOS)	%Inserire il rendimento di sistema (B.O.S., balance of system), che tiene conto di tutte le perdite imputabili ad ogni componente del sistema fotovoltaico, come: -perdite per ombreggiamento -perdite per riflessione della radiazione solare sul modulo e sulla cornice	[-]

		-perdite per sporramento dei moduli -perdite all'inverter -perdite nei cavi di collegamento Il tipico range di valori del rendimento di B.O.S. va dal 70 al 85% in base alla qualità dell'installazione.%	
FV_56	Rendimento del sistema in condizioni reali		
FV_57	Gennaio	%Queste celle riportano il valore del rendimento del modulo fotovoltaico in condizioni reali di irradianza solare e di temperatura del modulo stesso). L'algoritmo di calcolo è specificato successivamente. %	[-]
FV_58	...		[-]
FV_68	Dicembre		[-]
FV_69	Grado di ventilazione dei moduli fotovoltaici	%Scegliere, tra quelli proposti, il grado di ventilazione dei moduli fotovoltaici. Tale informazione determina il fattore di efficienza del sistema (FV_70) e quindi la producibilità elettrica, secondo la normativa UNI TS 11300/4.%	

Foglio di lavoro "OUTPUT_FV"

	Scegliere la procedura di calcolo	% Effettuare la scelta della procedura di calcolo da adottare: come scritto nell'introduzione ai fogli di calcolo sull'impianto fotovoltaico, la procedura secondo il metodo di Evans è la più accurata delle due.%
Mese	RADIAZIONE SOLARE MEDIA MENSILE	ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA MENSILMENTE
	[kWh/m2]	[kWh]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, i valori di radiazione solare globale incidente sui moduli fotovoltaici. Tali valori esplicitati risultano utili per il calcolo della producibilità e per la visualizzazione dell'energia elettrica prodotta rispetto a quella in ingresso.%	%Queste celle riportano, mese per mese, la produzione di energia elettrica da parte dell'impianto solare fotovoltaico. Tale quota ricavata mensilmente tenendo conto dei decadimenti temporali del rendimento prima citati è quindi una funzione dell'area totale dei moduli, dal loro rendimento reale, dalla radiazione solare incidente, dal rendimento di B.O.S.%
...		
Dicembre e		
	Totale annuale stimato [kWh]	%Questa cella riporta il valore totale annuale della produzione di energia elettrica da parte dell'impianto solare fotovoltaico.%
	Potenza nominale di picco [kW]	%Questa cella riporta la potenza nominale di picco dell'intero impianto. Se era nota la potenza di picco di ogni singolo modulo, questa è semplicemente la somma della potenza dei singoli moduli; altrimenti è un valore desunto dai dati presenti nella normativa Uni TS 11300/4.%
	Ore equivalenti di funzionamento [h]	%Questa cella riporta il rapporto tra l'energia elettrica prodotta totale annuale e la potenza di picco dello stesso, ovvero il numero di ore in cui l'impianto lavorerebbe alla massima potenza.%

Procedura per il calcolo del rendimento del sistema in condizioni reali (metodo Evans, 1981).

Per un calcolo più veritiero del rendimento del sistema fotovoltaico, occorre effettuare una correzione del rendimento del singolo modulo fornito dalla casa costruttrice (η_{STC}) in funzione della lontananza dalle condizioni standard in cui questo è misurato (irradianza solare di 1000 W/m^2 e temperatura della cella di 25°C). Tali condizioni standard difficilmente sono presenti contemporaneamente nei casi reali. Il metodo presente nella pubblicazione RETSCREEN® ENGINEERING & CASES TEXTBOOK (www.retscreen.net), come riportato nella bibliografia, fornisce un algoritmo di calcolo della variazione di rendimento in funzione della temperatura della cella, che il coefficiente di temperatura (Metodo Evans, 1981).

In particolare la temperatura della cella ha la seguente espressione:

$$T_{cella} = \left[(219 + 823K_t) \frac{NOCT - 20}{800} \right] + T_{est}$$

dove NOCT è la temperatura nominale di funzionamento della cella, con valori medi intorno a 45°C , e T_{est} indica la temperatura dell'ambiente esterno; K_t è invece l'indice di serenità medio mensile. Questo è definito come il rapporto tra la radiazione solare totale su piano orizzontale nella località considerata e quella extratmosferica. Entrambe sono calcolate a partire dai dati climatici della UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo della UNI/TR 11328.

Quindi il rendimento medio reale (η_{temp}), tenendo conto della variabilità della temperatura è dato da:

$$\eta_{temp} = \eta_{STC} \left[1 - \Delta P (T_{cella} - T_{ref}) \right]$$

dove T_{ref} è la temperatura di riferimento (25°C), e ΔP è invece il coefficiente di temperatura di variazione di potenza.

Per quanto riguarda invece la variazione di rendimento in funzione dell'irradianza solare, non presente nel metodo Evans, ma desunta da relazioni empiriche¹⁹, essa si può esprimere tramite questa semplice relazione:

$$\eta_{irr} = \eta_{STC} \left(1 - \Delta I \frac{1000 - I_{tot}}{1000} \right)$$

dove I_{tot} indica l'irradianza solare nel periodo di interesse e ΔI il coefficiente di irraggiamento per la correzione del rendimento.

Quindi il rendimento del sistema in condizioni reali di un modulo è dato da:

$$\eta_{reale} = \eta_{irr} \eta_{temp}$$

¹⁹ ISES Italia, Fotovoltaico, guida per progettisti ed installatori 2004, riportata in bibliografia.

Foglio di lavoro "OUTPUT_GEN"

Questo foglio di lavoro riporta in sintesi i risultati del fabbisogno energetico della zona soggetta ad audit, sia in termini di energia elettrica e termica, sia in termini di energia primaria, suddividendoli in funzione del servizio reso (ACS, riscaldamento e carichi elettrici), sia in termini di apporti interni non elettrici (provenienti ad esempio da uso cottura e altri dispositivi di riscaldamento non elettrici). Inoltre si riporta l'indice globale del fabbisogno di energia primaria per i tre servizi. Tale indice è funzione della superficie calpestabile nel caso di edifici ad uso residenziale, mentre considera il volume lordo nel caso di edifici ad uso terziario. Si riportano inoltre i rendimenti globali medi stagionali sia per l'impianto di riscaldamento sia per la produzione di ACS.

Nei consumi relativi al servizio di copertura dei carichi elettrici, si detrae dalla richiesta totale di energia elettrica l'eventuale produzione da impianto fotovoltaico, considerando in modo fittizio che tutta la produzione venga auto consumata. Nel foglio "I_ELE" è spiegato come, per effettuare un corretto confronto, anche nelle fatture venga considerata questa ipotesi e quindi venga sottratta la quota risultante dalla differenza tra la produzione totale e l'autoconsumo. Nel caso di impianto fotovoltaico centralizzato, automaticamente viene considerata soltanto la quota parte di produzione relativa alla zona soggetta ad audit, in funzione dei millesimi del servizio elettrico indicati nel foglio "Generale_imp". Si precisa inoltre che nel caso in cui l'energia elettrica prodotta sia globalmente maggiore di quella richiesta alla rete, i consumi riportati nella tabella di riassunto sono nulli, e non negativi.

Si precisa inoltre che:

- Il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria è stato assunto pari a 2.17, ovvero l'inverso del rendimento medio del parco elettrico nazionale, pari al 46%, secondo la delibera AEEG 28 marzo 2008. E' un dato comunque modificabile a cura dell'auditor.
- Il fattore di conversione dell'energia termica del vettore gas, gasolio, altro combustibile in energia primaria è unitario.
- Il fattore di conversione dell'energia termica del vettore biomassa in energia primaria non ha un valore ben stabilito attualmente (infatti la cella è verde, ovvero indica un dato che deve essere compilato a cura dell'auditor). Si propone un valore di 0.3, fornito dal decreto del 26 gennaio 2010, ma risulta comunque un campo da inserire a cura dell'auditor.
- Il fattore di conversione dell'energia termica fornita da reti di teleriscaldamento in energia primaria deve essere fornito dall'azienda fornitrice del servizio. Risulta quindi un campo da inserire a cura dell'auditor.

Per quanto riguarda i rendimenti globali medi stagionali per il servizio di ACS, si evidenzia come eventuali valori maggiori del 100% non devono essere considerati errati, nel caso in cui sia presente un impianto solare termico: in tal caso, infatti, il fabbisogno complessivo per l'acqua calda sanitaria viene soddisfatto in parte dall'impianto solare termico. Di conseguenza, il fabbisogno in ingresso ai generatori deputati alla produzione di ACS risulterà minore del fabbisogno di ACS richiesto dal locale stesso.

RIASSUNTO CONSUMI DELLA ZONA STIMATI, SUDDIVISI PER VETTORE ENERGETICO											
Vettore energetico	ELETTRICO [kWh _{el}]	ELETTRICO [kWh _{el}]	GAS [kWh _t]	GASOLIO [kWh _t]	BIOMASSA [kWh _t]	ALTRO (TELERISCALDAMENTO, BTZ, GPL...) [kWh _t]	ELETTRICO [kWh _{el}]	GAS [kWh _t]	GASOLIO [kWh _t]	BIOMASSA [kWh _t]	ALTRO (TELERISCALDAMENTO, BTZ, GPL...) [kWh _t]
Servizio:	Illuminazione e altri carichi elettrici della zona al netto del fotovoltaico	ACS (generazione e ausiliari)	ACS	ACS	ACS	ACS	Riscaldamento (generazione e ausiliari)	Riscaldamento	Riscaldamento	Riscaldamento	Riscaldamento
Mese											
GENNAIO	%Queste celle riportano il fabbisogno mese per mese di energia termica od elettrica secondo la procedura di audit.%										
...											
DICEMBRE											
TOTALE											
fattore energia primaria		2,17	1,00	1,00			2,17	1,00	1,00		
ENERGIA PRIMARIA PER FONTE [kWh]											
TOTALE ENERGIA PRIMARIA [kWh]	0										

Indice Energia Primaria Globale (EP = E _{Pi} + E _{Pacs} + E _{Pill})	0	[kWh/(m3 anno)]
Rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento	0	[%]
Rendimento globale medio dell'impianto di produzione ACS	0	[%]

Vettore energetico	GAS [kWh]	GASOLIO [kWh]	BIOMASSA [kWh]	ALTRO (TELERISCALDAMENTO, BTZ, GPL...) [kWh]
Servizio:	Carichi interni non gratuiti (cottura, caminetto, stufe radianti a fungo, stufe a gas, stufe a legna...)	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni non gratuiti
Mese				
GENNAIO	0,00	0,00	0,00	0,00
...	0,00	0,00	0,00	0,00
DICEMBRE	0,00	0,00	0,00	0,00
Totale	0,00	0,00	0,00	0,00
fattore energia primaria	1,00	1,00	0,00	0,00
ENERGIA PRIMARIA PER FONTE [kWh]	0,00	0,00	0,00	0,00

FOGLI DI INSERIMENTO DEI DATI DI FATTURAZIONE

I fogli relativi all'inserimento dei dati di fattura sono suddivisi in base al vettore energetico utilizzato. Si è inserito anche un foglio relativo al consumo di acqua perché indirettamente collegato al reale consumo di acqua calda sanitaria. Nel caso in cui vi sia la disponibilità dei dati di consumo idrico e nel caso in cui il fabbisogno di acqua calda sanitaria sia rilevante, si consiglia la compilazione di questo foglio e il confronto di questi dati con quelli stimati nel foglio PROD_ACS . In caso contrario si sottolinea comunque la non obbligatorietà della compilazione perché non direttamente necessaria all'algoritmo di calcolo e di verifica. Tipicamente vi sarà da compilare il foglio relativo al vettore elettrico e quello per riscaldamento (gasolio o gas metano o biomasse o una combinazione dei precedenti), ma vi possono essere anche eccezioni.

Per ogni vettore la struttura di inserimento dei dati è modulare sugli anni significativi di consumo a disposizione. Si raccomanda di non inserire dati relativi ad anni non significativi (in cui ad esempio vi è stata una prolungata assenza degli utenti o in anni con clima particolarmente anomalo), perché si rischia di non cogliere più il carattere medio del dato.

I dati di consumo da inserire prevedono un lavoro di analisi da parte dell'auditor a monte dell'inserimento dei dati, sia in termini di individuazione dei contatori che servono la zona e delle fatture cartacee, sia in termini di ripartizione dei consumi (nel caso di contatori che non servono unicamente la zona soggetta ad audit), sia in termini di calcolo del consumo mensile, anche quando la fatturazione non sia mensile. Se, in caso di contatore unico che serve anche altre zone, sono presenti dati di contabilizzazione, diretta o indiretta, è obbligatorio farne uso.

Per ricavare i dati di consumo mensile del vettore in esame, occorre che l'auditor effettui le seguenti verifiche:

1. *Per ciascun vettore presente, la zona soggetta ad audit è servita da un unico contatore? Se non è così, l'auditor deve analizzare tutte le fatture di tutti i contatori che servono la zona e deve sommare, mese per mese, i consumi. Si ricorda che, per qualsiasi vettore, occorre prendere in considerazione soltanto i consumi che riportano la dicitura "reale". Tutti i dati stimati sono assolutamente inutili e fuorvianti. Si precisa che, anche nel caso di utenza esclusivamente dedicata alla zona soggetta ad audit, se vi sono servizi comuni (ascensore, illuminazione esterna, pompe autoclave...) non compresi nella fatturazione della zona, ma che comunque determinano un consumo e una spesa aggiuntiva per l'utente (spese condominiali), questo consumo e questa spesa vanno inseriti come se fossero propri della zona. L'attribuzione dei consumi comuni (tipicamente nei condomini) segue il criterio di ripartizione a disposizione (appunto quello condominiale o altri) secondo le scelte dell'auditor.*
2. *Per ciascun vettore presente, il contatore che serve la zona soggetta ad audit serve anche altre zone? Se sì, occorre effettuare la ripartizione delle spese energetiche. Se vi sono dati di contabilizzazione diretta, si utilizzino direttamente questi nell'inserimento dei consumi mensili. Se vi sono dati di contabilizzazione indiretta, si applichino i coefficienti di ripartizione ottenuti da questo metodo di contabilizzazione al consumo mensile del contatore generale. Se non vi è alcuna ripartizione, si consiglia, se presente, di attenersi a quanto stabilito dall'amministrazione di condominio. Altrimenti l'auditor può effettuare la ripartizione delle spese energetiche tra le varie zone in modo discrezionale. In questo caso l'aggiunta della quota di consumo e di spesa economica relativa ai servizi comuni (illuminazione esterna, ascensore, pompe autoclave...) è probabilmente superflua perché l'utenza centralizzata già li comprende. Se così non fosse, occorre aggiungerli secondo quanto detto nel punto precedente.*
3. *Per ciascun vettore presente, il calcolo dei consumi in sede di fatturazione ha cadenza mensile? Se non è così, occorre che l'auditor ripartisca il consumo reale presente in fattura per ottenere un*

consumo mensile. Questo problema si verifica in special modo per la fornitura di gas metano, gasolio e biomasse: nel primo caso il numero di letture vere del contatore varia annualmente da due a dodici in funzione dei consumi globali. Nel caso di poche letture vere occorre effettuare un calcolo ad hoc ripartendo sui giorni i consumi reali rilevati. Negli altri due casi, trattandosi di ricarica di un serbatoio, occorre analizzare il “libretto” del serbatoio, dove sono annotati tutti i dati, per calcolare l’effettivo consumo ripartito sui giorni che intercorrono tra una ricarica ed un’altra. Tutto questo lavoro viene affidato all’auditor, data la complessità dei casi e la semplicità dei calcoli.

Precisazioni iniziali:

1. Se è presente un impianto fotovoltaico, l’energia prodotta e non auto consumata (di solito venduta alla rete elettrica) deve essere scomputata dall’energia attiva da inserire nell’applicativo (campi ELE_4:ELE_15). Infatti nel foglio “CONFRONTO”, dai consumi di energia elettrica simulati con questo applicativo viene totalmente sottratta l’energia prodotta da eventuali impianti fotovoltaici. Solo in questo modo si può effettuare un confronto valido tra consumi derivanti dall’audit e consumi da fatturazione. La procedura è corretta sia nel caso di vendita di tutta l’energia prodotta (senza autoconsumo da parte dell’utenza), sia nel caso di regime di scambio sul posto (l’energia auto consumata automaticamente non è presente in fattura, e quindi occorre sottrarre “artificialmente” dai consumi fatturati solo la quota venduta alla rete), sia nel caso di tariffe premio (V conto energia): in tutti i casi è fondamentale, prima dell’inserimento dati, sottrarre dall’energia segnata in fattura la quota risultante dalla differenza tra l’energia totale prodotta da fotovoltaico e quella auto consumata.
2. Si ricorda che la fascia F1 corrisponde al periodo lunedì-venerdì dalle ore 8:00 alle ore 19:00; la fascia F2 al periodo lunedì-venerdì dalle ore 7:00 alle ore 8:00 e dalle ore 19:00 alle ore 23:00 e il sabato dalle ore 7:00 alle ore 23:00; la fascia F3 al periodo lunedì-sabato dalle ore 24:00 alle 7:00 e dalle ore 23:00 alle ore 24:00, tutte le ore della domenica e dei festivi. Si ricorda che con F4 si intendono i consumi non suddivisi per fasce, ovvero i consumi totali, presenti in caso di contatori obsoleti e non teleletti. Stesse considerazioni per l’energia reattiva (indicata con R) e per la potenza massima (indicata con P).
3. Nel foglio seguente, l’unico dato essenziale per la procedura di audit è costituito dall’energia attiva (campi ELE_4:ELE_15).
4. I dati di energia reattiva mensile sono richiesti per il calcolo del fattore di potenza. Tramite questo indicatore si valuta l’andamento e l’efficienza dell’ impianto elettrico (essendo uno degli indici di qualità delle apparecchiature utilizzate), si segnalano le spese aggiuntive dovute a multe da parte dell’ente distributore e si suggeriscono degli interventi di rifasamento. I dati di energia reattiva collegata dall’impianto (e il fattore di potenza) vengono rilevati però soltanto sulle forniture con potenza disponibile di almeno 16,5 kW. Quindi, nel caso non fossero disponibili tali dati, l’auditor può, senza pregiudicare la diagnosi, non compilare i campi relativi. I valori del fattore di potenza istantaneo in corrispondenza del massimo carico non deve essere inferiore a 0,90 e quello medio mensile non deve essere inferiore a 0,70. Per le forniture con potenza contrattualmente impegnata superiore a 30 kW, i valori soglia sono maggiori (fattore di potenza medio mensile del prelievo non inferiore a 0,90). Nel foglio di calcolo, non
5. I dati di potenza attiva mensile sono richiesti per la conoscenza dei picchi massimi di potenza. Tramite questo indicatore si valuta quando, ovvero in quale fascia, questi picchi si verificano (e quindi eventuali funzionamenti anomali), e quanto questi valori si discostino dalla potenza contrattualmente installata, suggerendo così interventi di controllo e di adeguamento del contratto di fornitura. I dati di potenza attiva mensile e suddivisa per fasce non sono però sempre rilevati e riportati in fattura. Quindi, nel caso non fossero disponibili tali dati, l’auditor può, senza pregiudicare la diagnosi, non compilare i campi relativi.

Infine, per i vettori collegati al riscaldamento (gas, gasolio, biomasse o altro), si è riportato un indice semplice di correlazione con la temperatura esterna media mensile. Questo indice, chiamato parametro di temperatura, è semplicemente dato dalla differenza tra una temperatura di bilanciamento di 17°C e quella esterna media mensile. Il valore di 17°C è assunto (Appendice K della 11300-4) come valore convenzionale della temperatura esterna di bilanciamento alla quale si annulla il carico di riscaldamento (vendo impostato una temperatura standard di set-point di 20°C). La temperatura di bilanciamento dipende dalle caratteristiche dell'edificio e dagli apporti solari e interni e andrebbe calcolata analiticamente, tuttavia, ai fini del metodo di calcolo e per le finalità qualitative di questo indice, si ritiene sufficiente l'assunzione di un valore convenzionale. Questo valore fornisce indicazioni sulla necessità effettiva di riscaldamento o meno, e quindi sulla giustificazione di una certa spesa energetica in fattura, e può essere un ausilio nell'individuare malfunzionamenti e criticità legate in particolar modo alla regolazione di impianto.

Foglio di lavoro "I_ELE"

Questo foglio è relativo all'inserimento dei dati di fornitura dell'energia elettrica.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI ENERGIA ELETTRICA		
ELE_1	Potenza contrattualmente impegnata	%Inserire la potenza disponibile al punto di riconsegna. Tale dato si trova obbligatoriamente in fattura e indica la massima potenza che l'utente può prelevare.%	[kW]
ELE_2	Anno	%Inserire l'anno a cui si riferiscono i consumi seguenti. Si ricorda che, se vi sono anni non significativi (perché la zona non era occupata o per ristrutturazioni o altro), non è consigliabile inserire il dato. Si fa qui riferimento ad anni significativi per il calcolo di un consumo medio mensile veritiero.%	[-]
ELE_3	ENERGIA ATTIVA	F1 F2 F3 F4	
ELE_4	Gennaio	%Inserire, mese per mese, i consumi reali di energia attiva, suddivisi per fasce. Tali valori si reperiscono nella tabella dello storico delle fatture, considerando soltanto quelli veri (segnalati come dati del distributore) e sottraendo l'energia elettrica non auto consumata nel caso di impianto fotovoltaico (come specificato nelle precisazioni iniziali). Quest'ultima quota si reperisce dalle fatture di contributo in conto scambio o tariffa premio emesse a favore del cliente dal GSE. Come già specificato la fascia F4 indica la colonna in cui inserire i consumi globali, nel caso non vi sia suddivisione per fasce (tipicamente per contatori vecchi).%	[kWh/mese]
...	...		[kWh/mese]
ELE_15	Dicembre		[kWh/mese]
ELE_16	Totale	%Queste celle riportano i consumi totali, ripartiti per fasce.%	[-]
ELE_17	Percentuale di consumo	%Queste celle riportano la percentuale, rispetto al consumo globale, di consumi nelle varie fasce, per una prima indicazione del profilo di consumo. Se non si ha suddivisione per fasce, ovvero se si compila soltanto la colonna F4, la percentuale sarà unitaria.%	[-]

ELE_18	ENERGIA REATTIVA	R1	R2	R3	R4	
ELE_19	Gennaio	%Inserire, mese per mese, i consumi reali di energia reattiva, suddivisi per fasce. Tali valori non sono sempre presenti in fattura (vedi precisazioni iniziali), ma se presenti si reperiscono nella tabella dello storico delle fatture. Se non sono presenti, non compilare la tabella. Come già specificato la fascia R4 indica la colonna in cui inserire i consumi globali, nel caso non vi sia suddivisione per fasce (tipicamente per contatori vecchi).%				[kVARh/mese]
...	...					[kVARh/mese]
ELE_30	Dicembre					[kVARh/mese]
ELE_31	Totale	%Queste celle riportano i consumi totali, ripartiti per fasce.%				[-]
ELE_32	Percentuale di consumo	%Queste celle riportano la percentuale, rispetto al consumo globale, di consumi nelle varie fasce, per una prima indicazione del profilo di consumo. Se non si ha suddivisione per fasce, ovvero se si compila soltanto la colonna R4, la percentuale sarà unitaria.%				[-]
ELE_33	Fattore di sfasamento					
ELE_34	Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, l'avviso: "ATTENZIONE, RIFASARE!", nel caso in cui il fattore di sfasamento sia inferiore a 0.9 o a 0.7 in funzione della potenza contrattualmente impegnata (vedi precisazioni iniziali).%				[-]
...	...					[-]
ELE_45	Dicembre	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore del fattore di potenza medio mensile.%				[-]
ELE_46	POTENZA ATTIVA	P1	P2	P3	P4	
ELE_47	Gennaio	%Inserire, mese per mese, la potenza attiva massima assorbita, suddivisa per fasce. Tali valori non sono sempre presenti in fattura (vedi precisazioni iniziali) e spesso non sono presenti suddivisi per fasce. Se non sono presenti suddivisi per fasce, inserire l'unico valore nella colonna P4. Se non sono proprio presenti, non compilare la tabella. Come già specificato la fascia P4 indica la colonna in cui inserire la potenza, nel caso non vi sia suddivisione per fasce. %				[kW]
...	...					[kW]
ELE_58	Dicembre					[kW]
ELE_59	VALORE MASSIMO	%Queste celle riportano, suddivisi per fasce, la potenza mensile massima nell'anno. %				[kW]
ELE_60	POTENZA MEDIA	%Queste celle riportano, suddivisi per fasce, la potenza media nell'anno. %				[kW]
ELE_61	Spesa totale economica annuale	%Inserire il totale annuale degli importi delle fatture relative all'anno in esame, comprensive di IVA e ogni altra componente (multe...)%				[€]
ELE_62	Aggiungi anno	% Con questo tasto si possono aggiungere in coda anni di riferimento per i consumi. Esso agisce anche per anni intermedi tra il primo e l'ultimo %				
ELE_63	Elimina anno	Fine %Con questo tasto si può eliminare l'anno appena inserito. Esso agisce anche per anni intermedi tra il primo e l'ultimo.%				%Con il tasto "Fine", si attiva la compilazione degli output.%

Questo foglio è relativo all'inserimento dei dati di fornitura del metano.

N° campo	Campo	Input		Unità di misura
GAS_1	Coefficiente di correzione dei volumi di gas (C)	%Il Coefficiente correttivo dei consumi (C) viene fornito dalla Società di Distribuzione del gas tenendo conto di diverse grandezze fisiche, tra cui la pressione barometrica, la pressione di misura convenzionale, la temperatura assoluta di riferimento ed i gradi giorno. Per le utenze rifornite in bassa pressione il coefficiente C è calcolato su base comunale ed è quindi tipico della località in cui è ubicat il contatore.%		[-]
GAS_2	Provincia	%Scegliere la provincia della zona soggetta ad audit.%		[-]
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI GAS METANO			
GAS_3	Anno	%Inserire l'anno a cui si riferiscono i consumi seguenti. Si ricorda che,se vi sono anni non significativi (perché la zona non era occupata o per ristrutturazioni o altro), non è consigliabile inserire il dato. Si fa qui riferimento ad anni significativi per il calcolo di un consumo medio mensile veritiero.%		[-]
	CONSUMO EFFETTIVO		PARAMETRO DI TEMPERATURA	
GAS_4	Gennaio	%Inserire, mese per mese, i consumi di gas metano relativi alla sola zona soggetta ad audit. Si ricorda che se vi sono più contatori relativi alla zona, occorre inserire qui la somma dei consumi. Se invece vi è un contatore che serve più zone, occorre aver effettuato preventivamente	%Queste celle riportano, mese per mese, il valore della differenza tra la temperatura di 17°C e la temperatura esterna media mensile indicata nei campi GEN71:GEN82.%	[m ³ /mese]
...	...			[m ³ /mese]
GAS_15	Dicembre			[m ³ /mese]

		una ripartizione delle spese energetiche (vedi paragrafo di approfondimento).%		
GAS_16	Totale	%Questa cella riporta il consumo totale sull'intero anno.%	[m ³]	
GAS_17	Consumo medio mensile	%Questa cella riporta il consumo medio mensile sull'anno in esame.%	[m ³ /mese]	
GAS_18	Spesa totale economica annuale	%Inserire il totale annuale degli importi delle fatture relative all'anno in esame, comprensive di IVA e ogni altra componente (multe...).%		[€]
GAS_19	Aggiungi anno		% Con questo tasto si possono aggiungere in coda anni di riferimento per i consumi. Esso agisce anche per anni intermedi tra il primo e l'ultimo %	
GAS_20	Elimina anno	Fine	%Con questo tasto si può eliminare l'anno appena inserito. Esso agisce anche per anni intermedi tra il primo e l'ultimo.%	%Con il tasto "Fine", si attiva la compilazione degli output.%

Foglio di lavoro "I_GASOLIO"

Questo foglio è relativo all'inserimento dei dati di fornitura del gasolio. Tutti i campi non esplicitamente riportati sono identici a quelli relativi agli altri vettori energetici.

N° campo	Campo	Input		Unità di misura
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI GASOLIO			
	CONSUMO EFFETTIVO		PARAMETRO DI TEMPERATURA	
GASL_2	Gennaio	%Inserire, mese per mese, i consumi di gasolio relativi alla sola zona soggetta ad audit. Si ricorda che se vi sono più serbatoi relativi alla zona, occorre inserire qui la somma dei consumi. Se invece vi è un unico serbatoio che serve più zone, occorre aver effettuato preventivamente una ripartizione delle spese energetiche (vedi paragrafo di approfondimento).%		[l/mese]
...	...			[l/mese]
GASL_13	Dicembre			[l/mese]

Foglio di lavoro "I_BIOMASSE"

Questo foglio è relativo all'inserimento dei dati di fornitura delle biomasse. Tutti i campi non esplicitamente riportati sono identici a quelli relativi agli altri vettori energetici.

N° campo	Campo	Input		Unità di misura
BIO_1	Potere calorifico inferiore della biomassa	%inserire il valore del potere calorifico inferiore della biomassa utilizzata. %		[kWh _{th} /kg]
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI BIOMASSA			

Foglio di lavoro "I_ALTRO_COMB"

Questo foglio è relativo all'inserimento dei dati di fornitura di un generico combustibile diverso da quelli precedentemente elencati. Tutti i campi non esplicitamente riportati sono identici a quelli relativi agli altri vettori energetici.

N° campo	Campo	Input		Unità di misura
COMB_1	Potere calorifico inferiore del combustibile utilizzato	%Inserire il valore del potere calorifico inferiore del combustibile utilizzato.%		[kWh _{th} /unità di combustibile]
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI DEL COMBUSTIBILE UTILIZZATO			

Foglio di lavoro "I_ACQUA"

Questo foglio relativo all'inserimento dei dati di fornitura dell'acqua è facoltativo, come già specificato all'inizio di questo paragrafo. Il modello utilizzato è uguale a quello dei fogli precedenti. Tutti i campi non esplicitamente riportati sono identici a quelli dei fogli precedenti.

N° campo	Campo	Input	Unità di misura
	CONSUMI REALI MEDI MENSILI ACQUA		
ACQUA_1	ANNO	%Inserire l'anno a cui si riferiscono i consumi seguenti. Si ricorda che, se vi sono anni non significativi (perché la zona non era occupata o per ristrutturazioni o altro), non è consigliabile inserire il dato. Si fa qui riferimento ad anni significativi per il calcolo di un consumo medio mensile veritiero. %	
	CONSUMO EFFETTIVO		
ACQUA_2	Gennaio	%Inserire, mese per mese, i consumi di acqua relativi alla sola zona soggetta ad audit. Si ricorda che se vi sono più contatori relativi alla zona, occorre inserire qui la somma dei consumi. Se invece vi è un contatore che serve più zone, occorre aver effettuato preventivamente una ripartizione delle spese energetiche (vedi paragrafo di approfondimento). %	[l/mese]
...	...		
ACQUA_13	Dicembre		

Foglio di lavoro "OUT_FATT"

Questo foglio riporta i risultati delle richieste energetiche, vettore per vettore, della zona soggetta ad audit.

	F1	F2	F3	F4	Totale energia elettrica	Totale energia primaria
	[kWh _{el}]	[kWh _{el}]	[kWh _{el}]	[kWh _{el}]	[kWh _{el}]	[kWh _{th}]
Gennaio	%Queste celle riportano, mese per mese, i consumi di energia elettrica, suddivisi per fasce orarie, medi sugli anni a disposizione. Viene effettuata una media aritmetica.%				%Questa cella riporta il consumo di energia elettrica, mese per mese, totale sulle varie fasce e medio sugli anni a disposizione.%	%Questa cella converte il valore di energia elettrica in energia primaria secondo il fattore 0.46 (del AEEG---). Questo valore può essere paragonato a quello che deriva dagli altri vettori energetici.%
...						
Dicembre						
Totale						

	GAS METANO	GASOLIO	BIOMASSA	COMBUSTIBILE	ACQUA
	[kWh _{th}]	[kWh _{th}]	[kWh _{th}]	[kWh _{th}]	[l]
Gennaio	%Questa cella riporta il consumo medio sugli anni a disposizione, mese per mese, di energia primaria associata al vettore gas metano. Il potere calorifico inferiore del gas metano utilizzato per la conversione è di 9.5 kWh/Sm ³ .%		%Questa cella riporta il consumo medio sugli anni a disposizione, mese per mese, di energia primaria associata al vettore gasolio. Il potere calorifico inferiore del gasolio utilizzato per la conversione è di 10 kWh/l.%	%Questa cella riporta il consumo medio sugli anni a disposizione, mese per mese, di energia primaria associata al combustibile utilizzato. Il potere calorifico inferiore di questo è quello indicato dall'auditor.%	%Questa cella riporta il consumo medio sugli anni a disposizione, mese per mese, di acqua. Questo dato può essere confrontato dall'auditor con la richiesta stimata di ACS.%
...					
Dicembre					
Totale					

Foglio di lavoro “CONFRONTO”

La scheda “CONFRONTO” è una scheda di soli output, nella quale l’auditor non deve inserire alcun tipo di dato. Questo foglio di lavoro riporta in sintesi i risultati del calcolo di audit e quelli provenienti dall’analisi dei dati di fatturazione, richiamando quanto già presente negli altri fogli di lavoro del file dell’audit e suddividendo i dati in tabelle riassuntive per ogni vettore energetico.

Questa scheda è strutturata in cinque tabelle, nelle quali vengono confrontati singolarmente i fabbisogni reali medi e quelli stimati con l’audit di energia elettrica, biomassa, gas naturale, gasolio e altro combustibile. I confronti sono riportati mensilmente per ogni vettore, ma si è scelto poi come periodo significativo di confronto quello annuale perché i dati di fatturazione, ad eccezione del vettore elettrico, presentano mediamente delle forti imprecisioni sul periodo mensile.

Per ogni tabella è presente una riga finale nella quale vengono confrontati i consumi totali annuali dei vari vettori energetici. Se la differenza tra i consumi fatturati e quelli previsti dall’audit sono maggiori del 10%, viene visualizzato un messaggio di avviso, con il quale si consiglia all’auditor di effettuare un tuning sui dati più incerti.

Questa scheda rappresenta, oltre alla sintesi dei risultati, anche il punto di partenza per il tuning successivo dei dati maggiormente incerti e risulta essere quindi di fondamentale importanza per ottenere una diagnosi realistica (vedi lo schema a blocchi del paragrafo “Architettura e struttura del software SEAS”). Immediatamente al di sotto delle cinque tabelle è riportato il tasto “Home”, per ritornare alla scheda di Anagrafica e da lì ad una qualunque delle schede successive. Compito dell’auditor, a questo punto, è quello di modificare leggermente i dati più incerti e verificare passo passo le modifiche che si ottengono proprio nella scheda di confronto (ovviamente, la modifica di un qualsiasi valore nelle schede precedenti comporta la necessità di riavviare tutte le macro per il calcolo del fabbisogno). Una volta ottenuto un risultato accettabile, salvare il file con i risultati dell’audit all’interno del percorso scelto. La procedura di tuning, iterativa, può essere effettuata fino ad un grado di concordanza dei risultati deciso discrezionalmente dall’auditor. Si è però proposto uno scarto massimo di accettabilità del 10%, oltre il quale compare l’avviso di accettabilità della procedura) e si precisa che ottenere scarti molto bassi tramite tuning azzardati non implica una maggiore bontà dell’audit.

Si ricorda che, quando nella seconda fase si effettua il tuning dei dati più incerti, occorre, dopo aver fatto le modifiche, far girare di nuovo le macro, ovvero premere sui tasti “Fine del calcolo” (OUTPUT_INV_C3), nonché avviare la macro dell’impianto “CALCOLA” (GENERAZIONE_C69) su tutti i fogli di generazione presenti e compilati. Solo in questo modo verranno implementate le procedure e quindi i cambiamenti impostati nei precedenti fogli di inserimento dati.

Se si vuole procedere ad una simulazione di intervento, il file dell’audit dovrà essere salvato una seconda volta, con un nome diverso. Si ricorda che, all’apertura, non sarà necessario far avviare un nuovo progetto: in tal modo si andranno a sovrascrivere i nuovi input, collegati direttamente all’intervento ipotizzato, su quelli precedentemente inseriti. Una volta terminata anche la fase di simulazione di intervento, salvare il file di simulazione nel percorso scelto. Si può a questo punto procedere ad un’analisi economica dell’intervento simulato. Le modalità con cui eseguire questa analisi sono riportate nel paragrafo dedicato. Qui si riporta un esempio di tabella. Si nota che nell’ultima colonna a destra viene visualizzato un commento sull’accettabilità della procedura di audit.

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL CALCOLO E I DATI DI FATTURAZIONE - ENERGIA ELETTRICA			
	ENERGIA ELETTRICA FATTURE	ENERGIA ELETTRICA AUDIT	SCARTO
	[kWh _{el}]	[kWh _{el}]	[%]
Gennaio			
...			
Dicembre			
Totale			CAMPO NULLO/VALORE ACCETTABILE

FILE “ANALISI ECONOMICA”

Con questo foglio di calcolo si vogliono verificare i risparmi energetici ed economici che si possono ottenere in seguito ad un intervento (simulato) sulla zona soggetta ad audit. I dati saranno prelevati dai file creati dall'auditor, relativi ai fabbisogni energetici consumati prima dell'intervento e quelli stimati in seguito all'intervento. Vengono richiesti anche altri dati di tipo economico per poter stimare il tempo di ritorno dell'investimento (semplice ed attualizzato) ed il valore netto (semplice ed attualizzato) dopo un periodo temporale scelto dall'auditor.

Si ricorda che, nella simulazione di un intervento di efficientamento, occorre, dopo aver effettuato l'inserimento dati nelle schede, far girare di nuovo le macro, ovvero premere sui tasti “Fine del primo calcolo” (OUTPUT_INV_C3), “Aggiorna il calcolo” (OUTPUT_INV_C4) e “Fine del calcolo” (OUTPUT_INV_C5) in sequenza, nonché avviare la macro dell'impianto “CALCOLA” (GENERAZIONE_C69) su tutti i fogli di generazione presenti e compilati. Solo in questo modo verranno implementate le procedure e quindi la simulazione di intervento con i dati impostati nei precedenti fogli di inserimento dati.

Particolare attenzione va prestata alla procedura da attuare nel caso in cui gli interventi di efficientamento energetico da simulare si riferiscano alla sola zona soggetta ad audit, che, a sua volta, costituisce solo una parte delle zone servite dall'impianto (elettrico, termico od ACS). In questo caso è opportuno ricalcolare la quota millesimale da inserire nella scheda Generale_IMP del file INTERVENTO.

Si propone una stima delle nuove quote millesimali basata sui fabbisogni pre-intervento (file AUDIT), post-intervento (file INTERVENTO) e le quote millesimali pre-intervento. I dati sono localizzati come segue:

fabbisogni di zona, pre-intervento (Fpre)

riscaldamento	: file AUDIT, scheda REGOLAZIONE, cella B92
ACS	: file AUDIT, scheda REGOLAZIONE, cella B93
energia elettrica	: file AUDIT, scheda REGOLAZIONE, cella B94

fabbisogni di zona, post-intervento (Fpo)

riscaldamento	: file INTERVENTO, scheda REGOLAZIONE, cella B92
ACS	: file INTERVENTO, scheda REGOLAZIONE, cella B93
energia elettrica	: file INTERVENTO, scheda REGOLAZIONE, cella B94

millesimi di zona, pre-intervento (Mpr)

riscaldamento	: file AUDIT, scheda Generale_IMP, cella C26
ACS	: file AUDIT, scheda Generale_IMP, cella C39
energia elettrica	: file AUDIT, scheda Generale_IMP, cella C52

Calcolo delle nuove quote:

Fabbisogni totali post intervento (Ftot,po)	: $Fpre/Mpr \times 1000 - Fpre + Fpo$
Millesimi di zona, post intervento	: $Fpo/Ftot,po \times 1000$

Le nuove quote, calcolate per i diversi usi, saranno inserite manualmente nella scheda relativa all'impianto del file INTERVENTO, scegliendo l'opzione "Inserimento manuale millesimi":

millesimi di zona, post-intervento (Mpo)

riscaldamento	: file INTERVENTO, scheda Generale_IMP, cella C22
ACS	: file INTERVENTO, scheda Generale_IMP, cella C33
energia elettrica	: file INTERVENTO, scheda Generale_IMP, cella C46

Se invece si decide di non modificare le ripartizioni millesimali nel file INTERVENTO, si introduce implicitamente l'ipotesi di eseguire interventi analoghi a quelli effettuati sulla zona soggetta ad audit anche

su tutte le altre zone a cui si riferiscono le fatturazioni energetiche. In questo caso si dovrà dunque inserire nel file di analisi economica l'investimento complessivo per l'attuazione sull'intero sistema degli interventi proposti.

Foglio di lavoro "Attualizzato"

N° riga	Campo	Input	Unità di misura
ECO_1	INIZIA ANALISI ECONOMICA	%Per una corretta compilazione del foglio, premere il tasto "INIZIA ANALISI ECONOMICA". Il pulsante è infatti collegato ad una macro che cancella tutti gli input precedentemente inseriti ed eventualmente salvati. La macro elimina anche gli eventuali fogli di grafici per VAN e VN presenti nel foglio creati al termine di una precedente simulazione di analisi economica.	
ECO_2	Carica il percorso (file di audit)	% Premendo questo tasto, si sceglie il file dal quale caricare i dati energetici del file di audit vero e proprio. Il percorso viene scritto nella casella A2 ma non è reso visibile all'auditor. <u>ATTENZIONE: se non si è convinti di aver scelto il file giusto, prima di ricaricare il percorso, premere nuovamente il tasto "INIZIA ANALISI ECONOMICA", altrimenti i dati verranno comunque prelevati dal file errato.</u>	
ECO_3	Carica il percorso (file di simulazione di interventi)	% Premendo questo tasto, si sceglie il file dal quale caricare i dati energetici relativi alla simulazione di interventi effettuata. <u>ATTENZIONE: se non si è convinti di aver scelto il file giusto, prima di ricaricare il percorso, premere nuovamente il tasto "INIZIA ANALISI ECONOMICA". In seguito, ricaricare anche il file di audit vero e proprio, premendo nuovamente il tasto "Carica il percorso (file di audit). Non seguendo queste indicazioni, i dati verranno comunque prelevati dal file errato.</u>	
ECO_4	UPLOAD!	%Premendo il tasto di Upload, il programma caricherà sul foglio di lavoro i dati necessari per il calcolo economico. In particolare: - dal file di audit verranno prelevate le quantità di energia elettrica, di gas naturale, di gasolio, di biomassa e di altri combustibili consumati annualmente prima dell'intervento; inoltre verranno prelevati anche i costi di energia elettrica, di gas naturale, di gasolio, di biomassa e degli altri combustibili. Tali costi sono basati sull'ultimo anno di fatturazione disponibile. Infine viene prelevato il dato indicante la quantità di energia elettrica prodotta annualmente da impianto fotovoltaico prima dell'intervento; - dal file di simulazione verranno prelevate le quantità (ovviamente stimate) di energia elettrica, di gas naturale, di gasolio, di biomassa e di altri combustibili consumati annualmente a seguito dell'intervento.	
ECO_5	Descrizione	%Inserire in questa casella una breve ma esaustiva	

	sintetica dell'intervento	descrizione dell'intervento effettuato. Se si suppone di realizzare più interventi, riportarne l'elenco.	
ECO_19: 23	Risparmio annuale di energia elettrica / gas naturale / gasolio / biomassa / altro combustibile a seguito dell'intervento	%In queste caselle vengono automaticamente calcolati i risparmi (in termini energetici) di energia elettrica e termica (suddivisa in gas, gasolio, biomassa e altro combustibile) a fronte dell'intervento ipotizzato	[kWh/anno]
ECO_25: 29	Costo iniziale dell'energia elettrica /del gas naturale / del gasolio / della biomassa / di altro combustibile (basato sull'ultimo anno di fatturazione disponibile)	<p>%In queste caselle vengono automaticamente inseriti i prezzi medi per kWh termico o elettrico stimati nel file di audit in base alle fatturazioni inserite. Il programma stima tali prezzi usando gli input inseriti, di modo che i prezzi calcolati siano abbastanza realistici. I costi dei vari vettori energetici possono essere calcolati dal programma in base alle fatturazioni inserite; in alcuni casi però possono essere usati i valori scritti dall'auditor nella scheda "Carichi interni". Nel caso in cui infatti il vettore energetico caratterizzante i carichi interni sia tra quelli che forniscono il servizio di riscaldamento o di ACS, l'auditor non dovrà inserire il costo nella casella dei "Carichi interni", ed il programma calcolerà il costo medio del vettore in base ai dati di fatturazione. Se invece il vettore utilizzato per i carichi interni sia diverso da quelli usati per i servizi di ACS e di riscaldamento, l'auditor dovrà inserire il costo del vettore nell'apposita casella. Il programma allora userà i valori che sono stati riportati nel corso dell'audit. Vi possono essere però dei casi in cui il programma non possa riportare tali costi nel file di Analisi Economica perchè il relativo vettore energetico non è utilizzato per i carichi interni nè per i servizi di ACS e riscaldamento (di conseguenza non sono disponibili eventuali fatturazioni). Si supponga ad esempio di effettuare l'audit di un locale e di inserire, come simulazione di intervento, l'installazione di una caldaia a gasolio. Poiché nel file iniziale di audit la caldaia a gasolio non è presente, non è possibile conoscere il prezzo del kWh fornito da gasolio. Nei casi in cui non sia possibile calcolare tali valori, dunque, il programma inserisce automaticamente i seguenti prezzi medi:</p> <p style="text-align: center;">energia elettrica 0.20 €/kWh_el gas naturale 0.09 €/kWh_th gasolio 0.14 €/kWh_th biomassa 0.03 €/kWh_th altro combustibile 0.15 €/kWh_th</p> <p>Se l'auditor vuole verificare i risparmi ottenuti in maniera più realistica, si suggerisce di modificare i dati inseriti dal programma con quelli più recenti a disposizione. La modifica di tali caselle non andrà ad influire sul corretto funzionamento del file di analisi economica.</p>	
ECO_31: 35	Risparmio economico annuale di energia elettrica / gas naturale / gasolio / biomassa /	%In queste caselle vengono automaticamente calcolati i risparmi (in termini economici) di energia elettrica e termica (suddivisa in gas, gasolio, biomassa e altro combustibile) a fronte dell'intervento ipotizzato. Per calcolare tali risparmi, vengono utilizzati i costi dell'energia elettrica, del gas naturale, del gasolio,	[€/anno]

	altro combustibile a seguito dell'intervento	delle biomasse e degli altri combustibili prelevati dal file di audit. Vengono utilizzati, come precedentemente riportato, gli ultimi costi (in termini di [€/kWh]) riportati tra i dati di fatturazione.	
ECO_39	Incremento di energia elettrica prodotta annualmente da fotovoltaico	% Viene riportato automaticamente l'incremento di energia elettrica prodotta annualmente da fotovoltaico, in base alla quantità di energia elettrica prodotta prima e in seguito all'intervento simulato.	[kWh _{el} /anno]
ECO_40	Numero di anni di concessione del conto energia (fotovoltaico) per l'intervento	%Inserire in questa casella il numero di anni per cui viene concesso l'incentivo "Conto energia".	
ECO_41	Valore conto energia per l'intervento	%Inserire in questa casella il valore del conto energia che verrebbe devoluto al committente in seguito all'intervento. Si deve ipotizzare dunque il periodo di messa in funzione del sistema fotovoltaico e scrivere il valore del conto energia previsto per il periodo in questione.	[€/kWh _{el}]
ECO_42	Incremento di entrate complessive per conto energia	%In questa casella viene automaticamente calcolato il ricavo dovuto al conto energia per l'intero periodo di concessione dell'incentivo.	[€]
ECO_44	Risparmio annuo di energia termica valorizzabile in Titoli di Efficienza Energetica (TEE o certificati bianchi)	% Inserire in questa casella la quantità di energia termica (in [kWh _{th} /anno]) che possono essere valorizzabili per ottenere i contributi economici comunemente noti come "Certificati bianchi". Gli interventi che danno la possibilità di accedere a tali contributi sono definiti dai più recenti decreti ministeriali, decreti legislativi e delibere dell'AEEG in merito.	[kWh _{th} /anno]
ECO_45	Risparmio annuo di energia elettrica valorizzabile in Titoli di Efficienza Energetica (TEE o certificati bianchi)	% Inserire in questa casella la quantità di energia elettrica (in [kWh _{el} /anno]) che possono essere valorizzabili per ottenere i contributi economici comunemente noti come "Certificati bianchi". Gli interventi che danno la possibilità di accedere a tali contributi sono definiti dai più recenti decreti ministeriali, decreti legislativi e delibere dell'AEEG in merito.	[kWh _{el} /anno]
ECO_46	Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria (da più recente Delibera AEEG)	% Inserire il fattore di conversione di energia elettrica in energia primaria in base alla più recente Delibera AEEG, in base ai dati relativi al parco elettrico nazionale.	[kWh _{th} /kWh _{el}]
ECO_47	Risparmio annuo di energia primaria valorizzabile in TEE	% Viene calcolato in questa casella il risparmio annuo di energia primaria valorizzabile in TEE, usando sia i risparmi di energia termica che quelli di energia elettrica, in base al fattore di conversione da energia elettrica a energia primaria. Poichè i contributi economici previsti per il TEE sono stabiliti in €/TEP, si trasforma in questa casella l'energia primaria dall'unità di misura kWh in TEP.	[TEP/anno]
ECO_48	Numero di anni di concessione dei TEE	% Inserire in questa casella il numero di anni per il quale è concesso il contributo previsto dai Certificati Bianchi. A tal proposito, consultare i più recenti decreti ministeriali, decreti	[anni]

		legislativi e delibere dell'AEEG in merito.	
ECO_49	Valore dei TEE	% Inserire in questa casella il contributo economico previsto per ogni TEP risparmiato. A tal proposito, consultare i più recenti decreti ministeriali, decreti legislativi e delibere dell'AEEG in merito.	[€/TEP]
ECO_50	Entrate complessive da TEE	% in questa casella viene automaticamente calcolato il totale delle entrate dovuto agli interventi che danno luogo a Titoli di Efficienza Energetica. Tale valore è quello ottenuto sull'intero periodo di concessione dei TEE.	[€]
ECO_52	Vita utile stimata dell'intervento	% Inserire in questa casella il numero di anni per il quale si suppone che l'intervento sia operativo e funzionante.	[anni]
ECO_53	Costi annui di manutenzione e utilizzo	% Inserire in questa casella i costi annui stimati per la manutenzione e per l'utilizzo del sistema nel suo complesso.	[€/anno]
ECO_54	Costi complessivi di manutenzione e utilizzo	% In questa casella vengono automaticamente calcolati i costi complessivi per manutenzione e utilizzo su tutta la vita utile stimata per l'intervento.	[€]
ECO_56	Quota dell'investimento per l'intervento immediatamente stanziata (investimento lordo, senza sottrarre eventuali incentivi o sovvenzioni)	%Inserire in questa casella il costo stimato dell'intervento, senza eventuali detrazioni ricevute a seguito dell'intervento effettuato. Inserire in questa casella solo l'importo già a disposizione dell'utente per effettuare l'intervento. Non devono essere conteggiati gli eventuali prestiti richiesti per poter coprire interamente il costo dell'intervento.	[€]
ECO_57: 58	Durata dell'eventuale finanziamento ottenuto per l'intervento / Importo annuo da corrispondere per il finanziamento dell'intervento	% Inserire in queste caselle gli elementi relativi all'eventuale prestito richiesto dal committente: numero di rate e valore di ogni rata, già comprensiva del tasso di interesse richiesto (che viene considerato fisso per default).	
ECO_59: 60	Incentivi o sovvenzioni per l'intervento in aggiunta a conto energia e TEE di tipo rateizzati / Durata degli incentivi rateizzati	% Inserire in queste caselle gli eventuali contributi (ottenuti in seguito all'intervento) che vengono devoluti periodicamente al committente. Inserire inoltre il tempo totale per il quale tali contributi verranno destinati al committente. Attenzione: non inserire in queste caselle i contributi provenienti da conto energia e certificati bianchi, in quanto questi devono essere inseriti nelle apposite caselle, compilate precedentemente.	
ECO_61	Incentivi o sovvenzioni per l'intervento in aggiunta a conto energia e TEE di tipo "una tantum"	% In questa casella, l'auditor deve inserire i contributi di tipo "una tantum" che vengono devoluti al committente in seguito all'intervento effettuato (es. incentivi provinciali, detrazione del 55%)	
ECO_65: 69	Tasso aumento costo energia	% In ognuna delle relative caselle, l'auditor dovrà inserire una stima dell'aumento del costo dei vari vettori energetici negli anni	

	elettrica /gas naturale /gasolio / biomassa / altro combustibile	successivi.	
ECO_70	Tasso di aumento dei TEE	%Inserire in questa casella la stima della variazione (aumento o diminuzione, con segno) del valore dei Certificati Bianchi per ogni TEP risparmiato valorizzabile in TEE.	
	CALCOLA!	<p>% Premendo questo tasto, viene azionata una Macro che, in base agli input inseriti dall'auditor, calcola:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il tempo di ritorno attualizzato e non attualizzato (cioè rispettivamente considerando o meno i tassi di interesse, inflazione, ecc. inseriti dall'auditor), cioè il tempo stimato in cui i ricavi dovuti all'intervento eguagliano i costi sostenuti per realizzarlo; - il valore attualizzato netto (VAN), cioè la somma attualizzata dei flussi di cassa (costi + ricavi) all'anno di fine di vita utile dell'intervento; - il valore netto (VN) cioè la semplice somma contabile dei flussi di cassa (costi + ricavi) all'anno di fine vita utile dell'intervento, senza usare i tassi di rendimento; - l'indice di profitto, definito come il rapporto tra il VAN all'anno scelto e l'investimento iniziale: esso rappresenta la convenienza o meno di un intervento; - l'indice energetico globale, definito come il rapporto tra i kWh risparmiati a seguito dell'intervento e il costo complessivo dell'intervento. <p>Tali valori vengono riportati nel foglio OUTPUT Eco, nelle relative caselle.</p> <p>Contemporaneamente verranno creati dalla Macro anche due fogli di grafici: GRAFICO VAN e GRAFICO VN. Su tali grafici vengono riportati i flussi di cassa (rispettivamente attualizzati e non) per ogni anno a partire da quello di realizzazione dell'intervento. Tali flussi di cassa sono calcolati su un periodo di tempo sufficientemente vasto (10 anni oltre il numero di anni di vita dell'intervento). Viene riportata anche una linea rossa verticale, che indica l'ultimo anno di vita dell'intervento.</p>	

REPORT DI FASE C, “ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL SOFTWARE SEAS A DUE CASI STUDIO”

Test case edificio ad uso residenziale

Per verificare il funzionamento del software e la correttezza delle formule inserite e delle metodologie adottate, sono stati effettuati due casi studio, rispettivamente in ambito residenziale e terziario.

Nel primo caso si è scelto una villetta di due piani, inserita in un complesso bifamiliare costruito negli anni Ottanta e situato nella campagna di Camaiore (LU), in zona climatica D. Il lato lungo dell’edificio si sviluppa sulla direttrice nordest-sudovest. La zona soggetta ad audit confina sul lato nordovest con un’altra villetta di analoghe dimensioni e caratteristiche termostrutturali, non abitata nella stagione invernale e mantenuta a una temperatura di termostatazione di 15°C. Un edificio che si trova a nordest costituisce uno schermo alla radiazione solare diretta e diffusa e all’irraggiamento verso il cielo per le pareti disposte su quel lato. Le rimanenti facce sono infine rivolte all’esterno e prive di schermi.

Gli impianti termici sono stati riqualificati recentemente (2007), con l’installazione di una caldaia a condensazione, di valvole termostatiche nei locali climatizzati e di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria. Il vettore energetico utilizzato per la generazione di energia termica è il GPL, per mancanza di allaccio con la rete del gas naturale. Come carico interno non elettrico è stato inserito un camino a legna, utilizzato dall’utenza per un parziale riscaldamento del piano inferiore. È presente anche una pompa di calore split (usata in realtà principalmente d’estate, in quanto nel periodo invernale la caldaia è in grado di soddisfare interamente il fabbisogno richiesto).

Tramite i profili di utilizzo dei locali comunicati dall’utenza, i dati di progetto e le informazioni ottenibili da sopralluogo, sono stati stimati i fabbisogni per i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria e i carichi elettrici, inclusa l’illuminazione e gli ausiliari di impianto. Tali risultati calcolati dal software sono stati confrontati con i consumi medi degli anni 2009, 2010 e 2011, desunti dalle fatturazioni di energia elettrica (letture automatiche da contatore elettronico) e GPL, rifornito periodicamente in un serbatoio comune alle due villette del complesso bifamiliare, dotate di contatori separati.

Tra i dati più incerti inseriti nelle schede di input e su cui è stato effettuato il tuning si ricordano il profilo di utilizzo delle chiusure oscuranti e le aperture per ventilazione dei locali.

Una volta terminata la procedura di tuning, la deviazione su base annua rispetto alle fatturazioni energetiche risulta inferiore al 5% per quanto concerne i consumi di energia elettrica e circa del 10% per i consumi di GPL. Quest’ultima discrepanza si ritiene principalmente da imputare a uno storico di consumi troppo breve, maturato su tre stagioni invernali che quindi non sono rappresentative del clima “statistico” presentato nei dati climatici della norma tecnica UNI 10349:1994 e implementato nel software.

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL CALCOLO E I DATI DI FATTURAZIONE – ENERGIA ELETTRICA

MESE	ENERGIA ELETTRICA FATTURE [kWh _{el}]	ENERGIA ELETTRICA AUDIT [kWh _{el}]	SCARTO
Gennaio	244.67	229.83	-6%
Febbraio	205.67	221.85	8%
Marzo	216.67	214.35	-1%
Aprile	195.00	196.49	1%
Maggio	190.00	190.28	0%
Giugno	156.00	190.37	22%
Luglio	196.00	193.48	-1%
Agosto	183.67	177.92	-3%
Settembre	191.67	187.34	-2%
Ottobre	219.33	186.10	-15%

Novembre	225.00	218.60	-3%
Dicembre	266.00	223.72	-16%
Totale	2489.67	2430.35	-2.4%

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL CALCOLO E I DATI DI FATTURAZIONE - ALTRO COMBUSTIBILE			
MESE	ENERGIA TERMICA FATTURE	ENERGIA TERMICA AUDIT	SCARTO
	[kWhth]	[kWhth]	
Gennaio	2013,88	2325,94	15%
Febbraio	1312,56	1884,73	44%
Marzo	1202,52	920,24	-23%
Aprile	312,83	167,92	-46%
Maggio	0,00	52,10	0%
Giugno	0,00	52,10	0%
Luglio	0,00	52,10	0%
Agosto	0,00	26,89	0%
Settembre	0,00	52,10	0%
Ottobre	0,00	96,29	0%
Novembre	1222,49	1198,05	-2%
Dicembre	2011,89	2131,53	6%
Totale	8076,17	8959,98	10,9%

Terminato l’audit della zona allo status quo, sono stati proposti interventi per la riduzione dei consumi ed effettuate le relative analisi economiche. In particolare si è ipotizzato:

- isolamento della copertura, passando a una trasmittanza di 0.3 W/(m²K), nel rispetto della normativa vigente; per questo intervento si è ipotizzato di ottenere un contributo statale del 55% dell’investimento in opere di riqualificazione energetica;
- installazione di una sonda climatica in centrale termica;
- installazione di un impianto fotovoltaico da 2 kW di picco in copertura ed accesso ai contributi del cosiddetto “conto energia”.

Tutti e tre gli interventi proposti presentano un tempo di ritorno attualizzato decisamente inferiore alla loro vita utile stimata, rendendo economicamente convenienti gli investimenti.

Test case edificio ad uso terziario

Il secondo test case riguarda un edificio ad uso terziario. In particolare si è scelto un edificio d'epoca, di pregio storico e di proprietà dell'Università di Pisa, adibito prevalentemente a polo didattico (aule per corsi di studio in lingue e lettere straniere) e con alcuni studi di docenti. L'edificio è situato nel centro di Pisa e si sviluppa su quattro piani fuori terra. Confina a sud con un altro edificio universitario e a nord con edifici di privati, mentre a ovest e a est ha due strade centrali della città.

Questa scelta ha permesso una maggior facilità nell'effettuare i sopralluoghi e le interviste necessarie alla diagnosi e il reperimento e il trattamento dei dati storici di consumo e fatturazione (disponibili presso il Servizio Energy Manager dell'ateneo).

L'edificio è caratterizzato da una struttura in muratura portante in pietra e mattoni pieni di grande spessore, tipica delle costruzioni d'epoca a Pisa. Le superfici vetrate sono affacciate sulle pareti est e ovest e sono schermate da altri edifici o alberi. Le trasmittanze dei componenti sono complessivamente alte (pareti opache non isolate, moduli finestrati con vetro singolo e telaio in legno). L'edificio ha subito una manutenzione straordinaria parziale nell'ultima estate (2012), ma che non è stata considerata nel caso studio.

L'impianto presente è quello tipico degli edifici storici, dotato di radiatori in ghisa, distribuzione con colonne montanti, regolazione climatica centralizzata e caldaia a gas tradizionale. Non è presente alcun impianto di ricambio aria; questa invece è affidata alle infiltrazioni e alla ventilazione per l'apertura degli infissi da parte degli utenti. Non si ha uso di acqua calda sanitaria nei bagni.

Sono presenti 15 aule, per un totale massimo di 500 studenti presenti, di cui due aule multimediali con postazioni pc.

Gli apparecchi elettrici, eccetto le aule multimediali, sono quasi esclusivamente destinati all'illuminazione e determinano quindi un ridotto consumo elettrico. Non sono presenti impianti di condizionamento estivo, eccetto due macchine split ad uso saltuario.

La fatturazione dell'energia elettrica è in comune con l'edificio adiacente, anch'esso di proprietà dell'Università e anch'esso con studi e aule, per cui si è calcolato manualmente i millesimi di energia elettrica per la ripartizione, basandosi sui volumi riscaldati. La fatturazione di gas metano ad uso riscaldamento è invece esclusivamente dedicata all'edificio soggetto ad audit. I dati di fatturazione sono relativi a 4 anni significativi sia per la fornitura elettrica che di gas metano.

Il test è stato effettuato seguendo passo per passo la procedura indicata.

In particolare, tra i dati più incerti risultano quelli della effettiva presenza degli studenti (e quindi dell'uso annuale delle aule) e quindi dell'utilizzo delle apparecchiature elettriche e della ventilazione effettuata. Inoltre risulta molto difficile calcolare i millesimi di energia elettrica con cui ripartire la fatturazione elettrica tra i due edifici: nonostante le due strutture siano molto simili quanto a destinazione d'uso, tipologia costruttiva e impianto, alcune apparecchiature elettriche sono maggiormente diffuse (o anche solo utilizzate) in un edificio piuttosto che nell'altro, determinando delle differenziazioni mal riconducibili ad una quota percentuale. In particolare l'edificio confinante quello oggetto di audit è dotato di impianti di condizionamento locali in alcuni studi e uffici che rendono difficile la ripartizione (effettuata nella simulazione su base volumetrica) e causando quindi una certa discrepanza tra dati di simulazione e dati di fattura.

I risultati, di cui si riporta la tabella di confronto, indicano una buona corrispondenza tra il fabbisogno di energia termica per riscaldamento e quello proveniente dai dati di fatturazione. Invece, per quanto riguarda l'energia elettrica, in un primo momento si è notato una sottostima dei consumi nell'audit rispetto alla ripartizione energetica ipotizzata. Analizzando quindi, in modo superficiale, ma indicativo, anche le apparecchiature elettriche dell'altro edificio servito dal medesimo contatore elettrico, si sono notate dei macchinari aggiuntivi che falsavano i rapporti di consumo.

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL CALCOLO E I DATI DI FATTURAZIONE – ENERGIA ELETTRICA			
MESE	ENERGIA ELETTRICA FATTURE[kWh _{el}]	ENERGIA ELETTRICA AUDIT[kWh _{el}]	SCARTO
Gennaio	9653.88	9017.45	-7%
Febbraio	9771.76	8700.39	-11%
Marzo	11880.57	8355.93	-30%
Aprile	9544.32	7630.55	-20%
Maggio	8782.63	7733.11	-12%
Giugno	7318.58	7592.89	4%
Luglio	6641.25	7733.11	16%
Agosto	4203.58	6190.62	47%
Settembre	6500.20	7592.89	17%
Ottobre	9448.20	7733.11	-18%
Novembre	10797.77	8294.31	-23%
Dicembre	9279.06	8926.71	-4%
Totale	103821.79	95501.08	-8.0%

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEL CALCOLO E I DATI DI FATTURAZIONE – GAS			
MESE	ENERGIA TERMICA FATTURE[kWh _{th}]	ENERGIA TERMICA AUDIT[kWh _{th}]	SCARTO
Gennaio	15328.25	15485.22	1%
Febbraio	9825.38	11916.09	21%
Marzo	8191.38	6468.22	-21%
Aprile	3051.88	1174.55	-62%
Maggio	0.00	0.00	0%
Giugno	0.00	0.00	0%
Luglio	0.00	0.00	0%
Agosto	0.00	0.00	0%
Settembre	0.00	0.00	0%
Ottobre	0.00	0.00	0%
Novembre	10212.50	6949.72	-32%
Dicembre	9338.50	14811.13	59%
Totale	55947.88	56804.92	1.5%

Per quanto riguarda le ipotesi di interventi di retrofit, si sono scelte tipologie di interventi realizzabili su questo tipo di edificio, vincolato e in centro storico. In particolare si è scelto i tre seguenti interventi:

1. Isolamento del sottotetto che confina con locali non riscaldati (220 mq). Si passa quindi da una trasmittanza di 1.595 W/m²K a una trasmittanza di 0.32 W/m²K. Il risultato è una riduzione del fabbisogno di energia termica dell'involucro da 56805 kWh a 53571 kWh, facendo diminuire lo scarto rispetto ai dati energetici delle fatture dal valore di 1.5% fino al valore del -4.2%. Anche il fabbisogno di energia elettrica cambia, poiché sono cambiati i fattori di carico usati per il calcolo dell'energia degli ausiliari elettrici; lo scarto rispetto ai dati energetici delle fatture passa dal valore di -8% fino al valore del -8.4%.

2. Sostituzione del generatore di calore attuale con uno di potenza inferiore (80 kW), sufficiente per il riscaldamento dell'edificio in esame, alimentato a biomasse e dotato di accumulo inerziale. L'energia termica ottenuta dalla simulazione passa da 56805 kWh a 61588 kWh, dato che si sono assunti i rendimenti di generazione da normativa, tipicamente bassi. Anche il fabbisogno di energia elettrica viene cambiato poiché sono cambiati gli ausiliari elettrici e lo scarto rispetto ai dati energetici delle fatture passa dal valore di -8% fino al valore del -7.3%.
3. Installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti e ripristino del funzionamento della regolazione climatica in centrale termica, con contestuale rimozione della regolazione di zona (data la criticità nell'individuare una locale significativo in cui posizionare la sonda di ambiente). Il rendimento di regolazione passa da 0.93 a 0.97 e l'energia termica ottenuta dalla simulazione passa da 56805 kWh a 55248 kWh, facendo diminuire lo scarto rispetto ai dati energetici delle fatture dal valore di 1.5% fino al valore del -1.3%. Il fabbisogno di energia elettrica rimane ovviamente inalterato.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il software di diagnosi energetica sviluppato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Università di Pisa ed ENEA, denominato SEAS (Software Energetico per Audit Semplificati – Simplified Energy Auditing Software), si è dimostrato idoneo a stimare con sufficiente accuratezza i flussi energetici termici ed elettrici in edifici ad uso residenziale e terziario, serviti da impianti termici idronici. Come conseguenza, l'applicativo è in grado di valutare i risparmi conseguibili a seguito di interventi ipotizzati di efficientamento energetico, inclusa l'analisi dell'investimento economico. La procedura di calcolo è aggiornata alla più recenti normative tecniche del settore, con integrazioni e correzioni necessarie per adattare nel migliore dei modi i risultati alla reale gestione dei locali effettuata dall'utenza. I sistemi di generazione analizzati per il servizio di riscaldamento sono: caldaie tradizionali, generatori a biomassa, sottostazioni di teleriscaldamento e pompe di calore a compressione elettrica e ad assorbimento (acqua-acqua ed aria-acqua). Tra le pompe di calore, sono analizzabili anche quelle ad espansione diretta, gli scaldacqua interni per ACS e quelle geotermiche. Sono disponibili inoltre le stime di produzione di energia elettrica e termica da parte di impianti solari fotovoltaici e termici, rispettivamente.

Il software SEAS sviluppato necessita di un periodo di monitoraggio e aggiornamento, come prassi per ogni nuovo applicativo, anche in considerazione di eventuali difficoltà nell'applicazione della procedura proposta (sia in termini di raccolta dati, sia di compilazione delle schede di input). Ulteriori validazioni dei risultati di calcolo potranno essere eseguite tramite un numero maggiore di casi studio, diversificando le soluzioni impiantistiche e di involucro.

Tra le potenziali estensioni dei servizi offerti da SEAS, si menzionano:

- implementazione automatica della procedura di calcolo in presenza di multi-zona;
- implementazione dell'analisi energetica ad altre destinazioni d'uso oltre al residenziale e al terziario (un esempio particolare, purtroppo di attualità, sono le strutture edilizie utilizzate in situazioni di emergenza abitativa);
- implementazione di alcune soluzioni di involucro che necessitano di una specifica modellazione (tetto e pareti ventilate, muri di Trombe-Michel...);
- implementazione di altre configurazioni e sistemi impiantistici (multi-generatori in parallelo in aggiunta alla modalità in cascata, impianti di condizionamento dell'aria, impianti di cogenerazione e micro-cogenerazione, micro-eolico...);
- implementazione di altri servizi (ventilazione meccanica, free-cooling, bilanci igrometrici e climatizzazione estiva).

Riguardo a una possibile futura estensione all'analisi dell'edificio nel periodo estivo, si riconoscono peraltro i limiti della metodologia alla base del software presentato, di carattere quasi-statico, rispetto a una modifica più sostanziale dei modelli in esso contenuto, che permettano di simulare l'involucro edilizio in regime termico dinamico.

Riferimenti bibliografici

Normative tecniche

- CIE 097, Maintenance of indoor electric lighting systems, 2005
prEN 16247-1, *Energy audits – General requirements*, 2011
UNI 7979, *Edilizia – Serramenti esterni (verticali) – Classificazione in base alla permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento*, 1979
UNI 10339, *Impianti aeraulici ai fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*, 1995
UNI 10349, *Riscaldamento e raffrescamento negli edifici, Dati climatici*, 1994
UNI 12464 – 1, *Luce e illuminazione, Illuminazione dei posti di lavoro – Posti di lavoro in interni*, 2004
UNI CEI EN 15900, *Energy efficiency services - Definitions and requirements*, 2010
UNI CEI EN ISO 50001, *Energy management systems – Requirements with guidance for use*, 2011
UNI CEI TR 11428, *Gestione dell'energia – Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica*, 2011
UNI EN 12207, *Finestre e porte – Permeabilità all'aria – Classificazione*, 2000
UNI EN 12831, *Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto*, 2006
UNI EN 13829, *Prestazione termica degli edifici – Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici – Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore*, 2002
UNI EN 14825, *Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido e pompe di calore, con compressore elettrico, per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti – Metodi di prova e valutazione a carico parziale e calcolo del rendimento stagionale*, 2012
UNI EN 15193, *Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione*, 2008
UNI EN 15242, *Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni*, 2008
UNI EN ISO 13370, *Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo*, 2008
UNI EN ISO 13789, *Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo*, 2001
UNI EN ISO 13790, *Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento*, 2008
UNI EN ISO 13791, *Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Criteri generali e procedure di validazione*, 2005
UNI EN ISO 14683, *Ponti termici in edilizia – Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificato e valori di riferimento*, 2001
UNI/TR 11328-1, *Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiate ricevuta*, 2009
UNI/TS 11300-1, *Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*, 2008
prUNI/TS 11300-1, *Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Revisione della specifica tecnica*, in inchiesta pubblica, 2012
UNI/TS 11300-2, *Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*, 2008
prUNI/TS 11300-2, *Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione, Revisione della specifica tecnica*, in elaborazione al CTI, 2012

UNI/TS 11300-4, *Prestazione energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*, 2012

Altri riferimenti

1. Delibera ARG/gas 155/08, *Direttive per la messa in servizio dei gruppi di misura del gas, caratterizzati da requisiti funzionali minimi e con funzioni di telelettura e telegestione, per i punti di riconsegna delle reti di distribuzione del gas naturale*, 2008
2. Delibera n. 292/06, *Direttive per l'installazione di misuratori elettronici di energia elettrica predisposti per la telegestione per i punti di prelievo in bassa tensione*, 2006
3. DIRETTIVA 2006/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio, 5 aprile 2006
4. Delibera n. 33/05, *Misure di gradualità in ordine all'installazione e di misuratori atti alla rilevazione dell'energia elettrica prelevata per fasce orarie*, 2005
5. Delibera ARG/elt 122/11, *Avvio di procedimento per la formazione di provvedimenti in materia di modalità di applicazione di corrispettivi PED differenziati nel tempo ai clienti del servizio di maggior tutela e modifiche al TIV a partire dal 1 gennaio 2012*, 2011
6. Bertoldi P., Atanasiu B., *Electricity Consumption and Efficiency Trends in the Enlarged European Union*, Status Report 2006, Institute for Environment and Sustainability, European Commission, Joint Research Centre, 2007
7. Bertoldi P., Atanasiu B., *Electricity Consumption and Efficiency Trends in European Union*, Status Report 2009, JRC Scientific and Technical Reports, 2009
8. Bertoldi P., Kiss B., Atanasiu B., *Energy Efficiency in Domestic Appliances and lighting*, *Proceedings of the 4th International Conference EEDAL'06*, European Commission, Joint Research Centre, 2006
9. Evans D. L., *Simplified Method for Predicting Photovoltaic Array Output*, *Solar Energy*, vol. 27, n. 6, pp. 555-560, 1981.
10. Grassi W., Fantozzi F., Testi D., Menchetti E., Conti P., Della Vista D., Schito E., Manetti R., *Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario*, Ricerca Sistema Elettrico, 2011
11. Keinstar Associates, *I consumi di energia in Puglia e previsione del fabbisogno energetico regionale al 2010*, 2005
12. Picklum R. E., Nordman B., Kresch B., *Guide di Reducing Energy Use in Office Equipment*, 1999
13. Santini E., Elia S., Fasano G., *Caratterizzazione dei consumi energetici nazionali delle strutture ad uso ufficio*, Ricerca Sistema Elettrico, 2009
14. Sibilio S., D'Agostino A., Fatigati M., Citterio M., *Valutazione dei consumi nell'edificio esistente e benchmarck mediante codici semplificati: analisi di edifici residenziali*, Ricerca Sistema Elettrico, 2009
15. ISES Italia, *Fotovoltaico, guida per progettisti ed installatori* 2004
16. Clean energy project analysis: Retscreen engineering & cases textbook, Photovoltaic project analysis, www.etscreen.net

Abbreviazioni ed acronimi

Ogni abbreviazione e acronimo è specificato all'inizio del report di fase A. Nei report successivi vengono usate le stesse abbreviazioni e gli stessi acronimi.

Appendice

Breve curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell'attività

Walter Grassi, nato a Napoli nel 1948, dal 1999 è professore ordinario di Fisica Tecnica presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE) dell'Università di Pisa. Titolare dei corsi di Termoenergetica dell'Edificio e di Risparmio Energetico in Edilizia del Corso di Laurea in Ingegneria Energetica. Per molti anni è stato Energy Manager dell'Università di Pisa e membro del Comitato Tecnico per la Gestione dell'Energia della Giunta Regionale Toscana. Svolge numerosi incarichi di consulenza per enti non universitari ed è stato Presidente dell'Agenzia Energetica Regionale Toscana. Direttore del Dipartimento di Energetica dell'Università di Pisa dal 2006 al 2010, attualmente è Presidente dell'Unione Geotermica Italiana (UGI)

Daniele Testi, nato a Pietrasanta (LU) nel 1977, dal 2011 è Ricercatore Universitario di Fisica Tecnica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa. Afferisce al Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE). Laureato con lode in Ingegneria Aerospaziale (2002), Dottore di Ricerca in Energetica Elettrica e Termica (2006), Assegnista di Ricerca (2006-2009) e Borsista di Ricerca (2010-2011) presso l'Università di Pisa. Ha svolto supporto alla didattica per i corsi di Termodinamica Applicata, Fisica Tecnica e Termoenergetica dell'Edificio. Attualmente è codocente del corso di Risparmio Energetico in Edilizia, Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica. Principali campi di studio: termofluidodinamica monofase e bifase, tecniche d'incremento dello scambio termico convettivo, tecniche di misura nella fisica tecnica, scambiatori e dissipatori di calore, microgravità, termofisica degli ambienti abitati, impianti di climatizzazione, efficienza energetica nell'edilizia, pianificazione energetica. Per la sua Tesi di Ph.D., ha ottenuto il premio europeo "EUROTHERM Young Scientist Award", conferito con cadenza quadriennale. Autore di oltre 50 pubblicazioni, di cui 17 su rivista scientifica internazionale, le altre come atti di congressi nazionali e internazionali e rapporti finali di ricerca istituzionale. Docente in numerosi corsi di formazione, master e seminari sulla gestione dell'energia, la certificazione energetica degli edifici e gli impianti termotecnici. Titolare di consulenze o collaboratore per vari contratti di ricerca nell'ambito della diagnosi, dell'efficienza, della normativa, della pianificazione e della conversione energetica.

Elena Menchetti, nata a Poggibonsi (SI) nel 1983, ha conseguito con lode la Laurea Specialistica in Ingegneria Energetica presso l'Università di Pisa (marzo 2008). Lavora da quattro anni presso il Servizio Energy Manager dell'Università di Pisa come tecnico nell'ambito dell'analisi e riqualificazione del parco edilizio universitario, della gestione e ripartizione delle spese energetiche, dell'integrazione di impianti rinnovabili, delle certificazioni e diagnosi energetiche degli edifici. Collabora dal 2008 con il Dipartimento dell'Energia e dei Sistemi dell'Università di Pisa nell'ambito di contratti di ricerca e consulenza nel campo della diagnosi e simulazione energetica degli edifici e dei sistemi energetici.

Paolo Conti, nato a Jesi (AN) nel 1987, ha conseguito la Laurea Specialistica con lode in Ingegneria Energetica presso l'Università di Pisa, discutendo la tesi "Simulazione di reti di distribuzione e terminali per impianti di condizionamento ad acqua". Attualmente è Dottorando di Ricerca in Energetica Elettrica e Termica, con afferenza al Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (DESE). La sua Borsa di Studio è interamente finanziata dal Fondo Giovani del MIUR sul tema di ricerca "Risparmio energetico e microgenerazione distribuita". L'attività di ricerca riguarda l'applicazione della risorsa geotermica per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici.

I suoi settori principali d'interesse professionale sono: gli impianti di climatizzazione ad acqua e ad aria, lo sviluppo di modelli al calcolatore per la simulazione e la valutazione delle prestazioni energetiche dei sistemi edificio-impianto, lo studio e sviluppo di metodologie per la diagnosi energetica negli edifici, l'individuazione di buone pratiche di progettazione e gestione dei sistemi edifici-impianto. Socio dell'Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione (AICARR) e dell'Unione Geotermica Italiana (UGI), nel 2011 ha partecipato ad un'attività a supporto del Gestore Servizi Energetici

(GSE), volta alla rilevazione dati ed al monitoraggio sullo sviluppo in Italia delle applicazioni per usi termici della risorsa geotermica. I dati del presente lavoro sono stati adottati dal GSE, dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e compaiono nei dati Eurostat.

Davide Delle Vista, nato nel 1977 a Cascina (PI), laureato con lode in Ingegneria Aerospaziale all'Università di Pisa (2004). Tecnico di laboratorio ed elaborazione dati presso il Dipartimento di Energetica (2004-2010) e successivamente presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi (2010-presente) dell'Università di Pisa. Esperienza nella realizzazione di programmi di acquisizione dati, nella messa a punto di apparecchiature sperimentali, nell'esecuzione di misure termofluidodinamiche e di monitoraggio energetico degli ambienti abitati e nella simulazione dinamica dei sistemi edificio-impianto. Ha collaborato alla stesura del Piano Energetico della Provincia di Pisa (2009).

Eva Schito, nata a Pisa nel 1990, ha conseguito con lode la Laurea Triennale in Ingegneria Energetica presso l'Università di Pisa (ottobre 2011), ottenendo anche l'Attestato di Merito previsto per gli studenti del Percorso di Eccellenza. Nel 2008 è risultata vincitrice del Primo Posto nella Categoria Singoli Studenti del Concorso Nazionale "IV Edizione delle Olimpiadi della Scienza – Premio Green Scuola – Energie alternative e ambiente: la produzione sostenibile di energia", indetto dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca e dal Consorzio Interuniversitario "La Chimica per l'Ambiente" (INCA). Collabora con il Dipartimento dell'Energia e dei Sistemi (DESE) dell'Università di Pisa nell'ambito di contratti di ricerca e consulenza nel campo della diagnosi e simulazione energetica degli edifici e dei sistemi energetici.