



GREEN CITY ENERGY PISA *IV edizione*

4 luglio 2013

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

Walter GRASSI – Gaetano FASANO – Daniele TESTI



ENEA



DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI

La diagnosi energetica (o audit) è finalizzata ad ottenere informazioni realistiche sull'effettiva prestazione energetica di un qualunque edificio.

È sempre più strategico a livello territoriale e nazionale effettuare diagnosi energetiche degli edifici e verificare le possibilità di contenimento dei consumi tramite opportuni interventi di riqualificazione.

In linea con le Direttive Europee, l'uso di un tale strumento può favorire l'efficientamento del patrimonio edilizio esistente e ridurre gli sprechi che si verificano nel settore, il quale contribuisce a circa il 40% degli utilizzi energetici complessivi.

Accordo di Programma per la Ricerca di Sistema Elettrico, MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Dal 2010, attività di collaborazione sull'**audit energetico** tra **Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC)**, Università di Pisa, ed **ENEA**:

- definizione della metodologia di calcolo
 - realizzazione schede di calcolo
- realizzazione software con interfaccia grafica

OBIETTIVO DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA:

**RIDURRE I PREZZI E INCREMENTARE IL NUMERO DI AUDIT ENERGETICI
(E DEGLI INTERVENTI DI RETROFIT SUGGERITI)**

Semplificazione della procedura di diagnosi energetica degli edifici e **standardizzazione** dei metodi di calcolo delle prestazioni energetiche in condizioni effettive di utilizzo, **armonizzando** diverse **normative** europee del settore

Metodologia di calcolo **flessibile**, adattabile in funzione dei dati a disposizione dell'auditor

Stime **affidabili** dei flussi energetici (validate tramite lo storico delle **fatturazioni energetiche**) e dei **tempi di ritorno** degli investimenti per la **riqualificazione energetica**

SOFTWARE APPLICATIVO PER EDIFICI AD USO RESIDENZIALE, UFFICI E SCUOLE:

S.E.A.S.

**(Simplified Energy Auditing Software
o Software Energetico per Audit Semplificati)**

Il software di diagnosi energetica verrà messo a disposizione delle Pubbliche Amministrazioni e dei professionisti che operano nel settore.

I servizi attualmente analizzati sono:

- **riscaldamento** (solo impianti ad acqua o split)
 - produzione di **acqua calda sanitaria**
 - **illuminazione** e altre **utenze elettriche**



Provincia

Comune

Ubicazione dell'edificio

Tipologia di edificio

Altezza della zona soggetta ad audit rispetto al piano campagna [m]

Provincia di riferimento per la temperatura

Prima provincia di riferimento per l'irraggiamento

Seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento

Altezza sul livello del mare della località [m s.l.m.]

Superfici circostanti

Zona di vento

Capoluogo di riferimento per zona di vento

Velocità del vento annua media giornaliera [m/s]

Tipologia di schermatura al vento

Tipologia di esposizione

Temperatura esterna

| Mese | °C | Valore da normativa | Font |
|----------|-------|---------------------|------|
| Gennaio | 6,70 | | |
| Febbraio | 7,70 | | |
| Marzo | 10,60 | | |
| Aprile | 13,60 | | |
| Maggio | 17,20 | | |
| Giugno | 21,10 | | |
| Luglio | 23,50 | | |

Gradi giorno 1694
 Zona climatica D
 Latitudine della località 43,71 [°]
 Latitudine della prima provincia di riferimento per l'irraggiamento 43,70 [°]
 Latitudine della seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento 43,70 [°]
 Altezza sul livello del mare della località di riferimento per la temperatura 4 [m s.l.m.]
 Velocità del vento corretta 2,40 [m/s]
 Coefficiente di esposizione al vento (e) 0,07

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Escursione termica giornaliera [K] | Irraggiamento diretto su piano orizzontale [MJ/m²] | Irraggiamento diffuso su piano orizzontale [MJ/m²] | Irr gl |
|-----------|--------------------------|------------------------------------|--|--|--------|
| Gennaio | 6,70 | 8,30 | 2,70 | 2,60 | |
| Febbraio | 7,70 | 9,40 | 4,60 | 3,70 | |
| Marzo | 10,60 | 9,90 | 7,10 | 5,20 | |
| Aprile | 13,60 | 10,60 | 11,10 | 6,70 | |
| Maggio | 17,20 | 10,90 | 14,80 | 7,50 | |
| Giugno | 21,10 | 11,30 | 16,50 | 7,90 | |
| Luglio | 23,50 | 11,90 | 19,10 | 6,90 | |
| Agosto | 23,50 | 12,00 | 15,60 | 6,40 | |
| Settembre | 20,90 | 11,30 | 11,30 | 5,30 | |
| Ottobre | 16,30 | 10,30 | 7,20 | 4,00 | |
| Novembre | 11,70 | 9,00 | 3,20 | 2,90 | |
| Dicembre | 7,80 | 8,20 | 2,40 | 2,30 | |

Andamento Temperatura Esterna Zona A (nord)

| Ore | Gennaio | Febbraio | Marzo | Aprile | Maggio | Giugno | Luglio | Agosto | Settembre | Ottobre | Novembre | Dicembre |
|-----------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| 00.00-... | 4,67 | 5,35 | 7,68 | 10,26 | 13,22 | 16,92 | 19,22 | 19,42 | 17,57 | 13,57 | | |
| 02.00-... | 4,25 | 4,64 | 7,04 | 9,36 | 12,30 | 15,85 | 18,14 | 18,40 | 16,83 | 12,85 | | |
| 04.00-... | 3,88 | 4,13 | 6,59 | 8,78 | 12,02 | 15,68 | 17,79 | 17,98 | 16,15 | 12,28 | | |
| 06.00-... | 3,71 | 3,99 | 6,59 | 9,25 | 13,38 | 17,54 | 19,34 | 18,58 | 16,27 | 12,18 | | |
| 08.00-... | 4,83 | 5,77 | 9,21 | 12,91 | 17,25 | 21,38 | 23,50 | 22,72 | 19,88 | 14,96 | | |
| 10.00-... | 7,53 | 8,97 | 12,93 | 17,10 | 21,12 | 25,00 | 27,55 | 27,58 | 24,57 | 19,13 | | |
| 12.00-... | 10,85 | 12,12 | 15,40 | 18,85 | 22,43 | 26,35 | 29,03 | 29,32 | 26,72 | 21,60 | | |
| 14.00-... | 11,68 | 13,10 | 16,00 | 19,06 | 22,54 | 26,52 | 29,27 | 29,56 | 26,78 | 21,91 | | |
| 16.00-... | 10,31 | 11,84 | 14,76 | 17,79 | 21,51 | 25,45 | 28,20 | 28,54 | 25,08 | 20,21 | | |



Definizione zone termiche

Profilo presenze

Profilo accensione riscaldamento

Profilo chiusure oscuranti

Profilo aperture finestre

Attività delle persone

Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)

Intervista all'utenza



Schedule settimanale presenze

Giorni feriali

| Ore | Persone | Fonte input | Dato incerto |
|-------------|---------|-----------------------|--------------------------|
| 00.00-02.00 | 3,00 | Intervista all'utenza | <input type="checkbox"/> |
| 02.00-04.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 04.00-06.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 06.00-08.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 08.00-10.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00-12.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 12.00-14.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 14.00-16.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 16.00-18.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 18.00-20.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 20.00-22.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 22.00-00.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |

Giorni festivi (sabato incluso)

| Ore | Persone | Fonte input | Dato incerto |
|-------------|---------|-----------------------|--------------------------|
| 00.00-02.00 | 3,00 | Intervista all'utenza | <input type="checkbox"/> |
| 02.00-04.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 04.00-06.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 06.00-08.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 08.00-10.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00-12.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 12.00-14.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 14.00-16.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 16.00-18.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 18.00-20.00 | 2,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 20.00-22.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |
| 22.00-00.00 | 3,00 | | <input type="checkbox"/> |

Profilo di utilizzo mensile

Numero medio di giorni di assenza dalla zona (non utilizzo delle apparecchiature elettriche, assenza apporti gratuiti interni, etc..)

| Mese | Giorni | Fonte input | Dato incerto |
|-----------|--------|-----------------------|--------------------------|
| Gennaio | 4,00 | Intervista all'utenza | <input type="checkbox"/> |
| Febbraio | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Marzo | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Aprile | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Maggio | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Giugno | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Luglio | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Agosto | 15,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Settembre | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Ottobre | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |
| Novembre | 4,00 | | <input type="checkbox"/> |

Schedule settimanale presenze

Giorni feriali

Numero persone medio 2,58 [-]

Giorni festivi (sabato incluso)

Numero persone medio 2,75 [-]

Presenza media annuale degli utenti

| Mese | Persone |
|--------------|---------|
| Gennaio | 2,63 |
| Febbraio | 2,63 |
| Marzo | 2,63 |
| Aprile | 2,63 |
| Maggio | 2,63 |
| Giugno | 2,63 |
| Luglio | 2,63 |
| Agosto | 2,63 |
| Settembre | 2,63 |
| Ottobre | 2,63 |
| Novembre | 2,63 |
| Dicembre | 2,63 |
| Valore medio | 2,63 |



Pareti Opache Superfici Vetrate Ponti Termici Strutture Opache

- ▼ Zona
- Profili di utilizzo
- Dispersioni per trasmissi...
- Ventilazioni e apporti interi...
- Output involucro

Sigla del componente

Descrizione

Area netta del componente [m²]

Ambiente adiacente

Capacità termica areica [kJ/m²K]

Trasmittanza termica [W/m²K]

Angolo di inclinazione della superficie rispetto al piano orizzontale [*]

Orientamento rispetto al Sud (>0 verso Ovest) [*]

Fattore di assorbimento solare

Angolo caratteristico di ostruzione esterna [*]

Angolo caratteristico di aggetto verticale [*]

Angolo caratteristico di aggetto orizzontale [*]

solari e dispersioni

| Mese | Dispersioni per trasmissione [kWh] | Apporti solari [kWh] |
|------|------------------------------------|----------------------|
| | -117,00 | 31,53 |
| | -98,27 | 34,68 |
| | -85,01 | 44,88 |
| | -58,48 | 44,68 |
| | -30,95 | 44,69 |
| | 0,94 | 42,39 |
| | 20,60 | 48,55 |
| | 20,60 | 51,47 |
| re | -0,65 | 52,65 |
| | -38,32 | 53,28 |
| re | -73,54 | 34,32 |
| e | -107,97 | 29,15 |
| | -568,04 | 512,23 |

Lista compon...

- Parete Sud



Pareti Opache Superfici Vetrare Ponti Termici Strutture Opache

- ▼ Zona
 - Profili di utilizzo
 - Dispersioni per trasmissioni
 - Ventilazioni e apporti interni
 - Output involucro

Sigla del componente

Descrizione

Numero serramenti identici

Angolo di inclinazione della superficie rispetto al piano orizzontale [°]

Orientamento rispetto al Sud (>0 verso Ovest) [°]

Area totale del singolo serramento [m²]

Area vetrata del serramento [m²]

Area apribile del serramento [m²]

Altezza dell'area apribile del serramento [m]

Classe di permeabilità del serramento (se nota)

Tipologia di vetro

Chiusure oscuranti presenti?

La trasmittanza del serramento con chiusura oscurante è nota?

Tipologia di chiusura oscurante

Valutazione qualitativa permeabilità della chiusura oscurante

La trasmittanza dell'intera finestra è nota?

Tipologia di telaio

Emissività normale

Dimensioni vetro [mm]

Tipo di gas

Trasmittanza termica lineica [W/mK]

Lunghezza del ponte termico [m]

Il cassonetto è presente?

Area del cassonetto [m²]

La trasmittanza del cassonetto è nota?

| | |
|--|------|
| smittanza termica vetro | 2,80 |
| smittanza termica telaio | - |
| smittanza termica finestra | - |
| smittanza termica cassonetto | 6,00 |
| smittanza di energia solare | 0,75 |
| tore di ombreggiatura rad. diffusa per ostruzioni esterne | 1,00 |
| tore di ombreggiatura rad. diffusa per oggetto verticale | 1,00 |
| tore di ombreggiatura rad. diffusa per oggetto orizzontale | 1,00 |

ori di riduzione e ombreggiatura

| Mese | Fattori per schermature mobili | Fattori per ostruzioni esterne | Fattori per oggetti verticali | F a o |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------|
| naio | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| raio | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| to | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| e | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| gio | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| gno | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| io | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| sto | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| embre | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| bre | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| embre | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| mbre | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

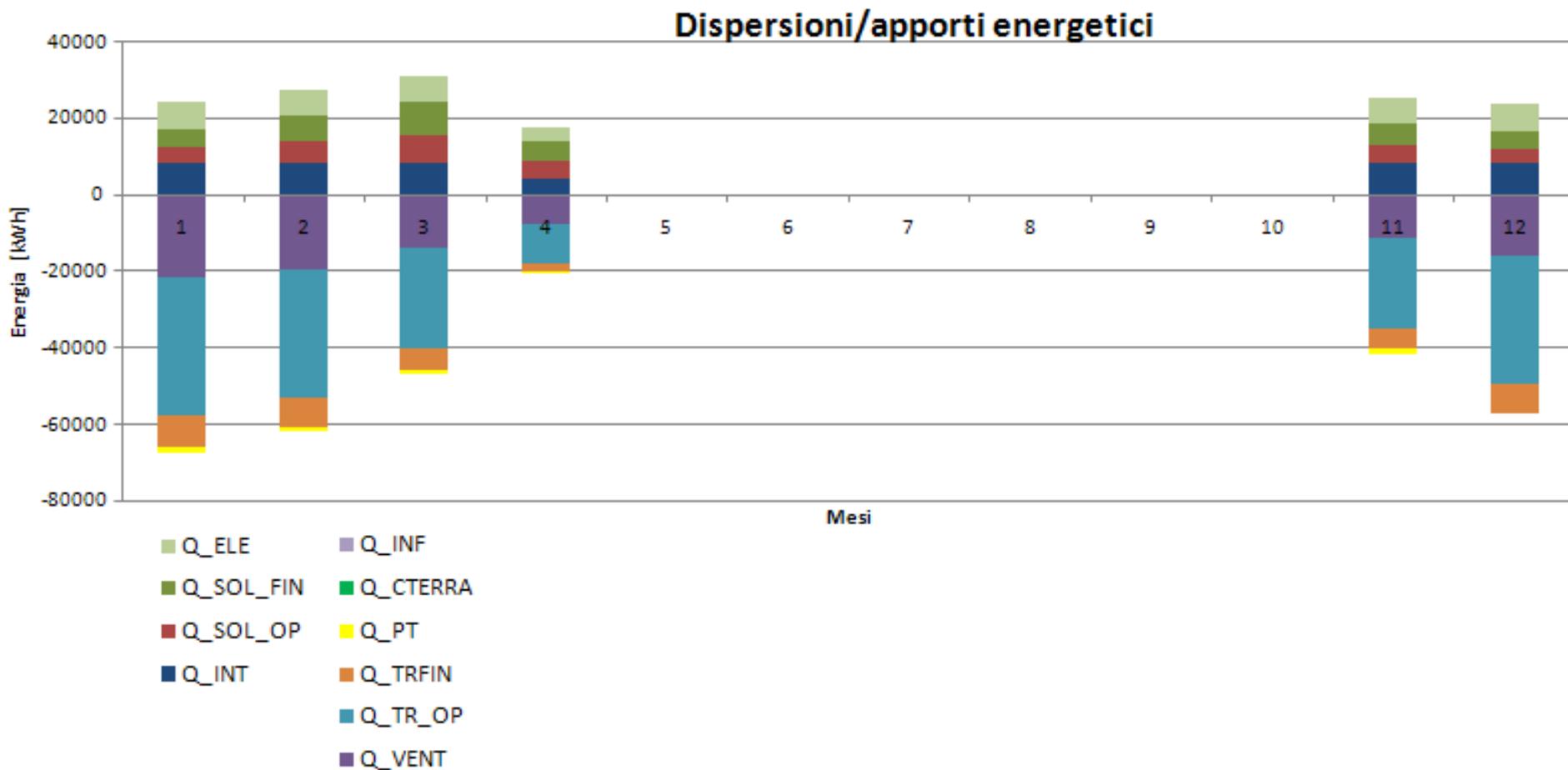
orti solari e dispersioni

| Mese | Dispersioni per trasmissione [kWh] | Apporti solari [kWh] |
|-------|------------------------------------|----------------------|
| naio | -138,49 | 315,43 |
| raio | -115,68 | 341,84 |
| to | -97,88 | 392,11 |
| e | -64,49 | 373,71 |
| gio | -29,16 | 364,86 |
| gno | 11,08 | 342,45 |
| io | 36,45 | 382,20 |
| sto | 36,45 | 411,43 |
| embre | 9,07 | 447,66 |
| bre | -38,53 | 483,46 |
| embre | -83,64 | 330,54 |
| mbre | -127,04 | 305,72 |
| le | -601,87 | 4.491,43 |

Lista compon...

VetroSud

S.E.A.S.: OUTPUT INVOLUCRO DI ZONA



CONCLUSIONI

L'applicativo **SEAS** è in grado di **calcolare i fabbisogni energetici** di edifici ad uso residenziale e terziario, trattando i servizi di **riscaldamento** (con **impianti idronici**), **produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione e altri carichi elettrici**. Può inoltre valutare la produzione di **energia termica ed elettrica da fonti rinnovabili o assimilabili** (solare termico, **fotovoltaico, biomasse**, scambio con reti di **teleriscaldamento, pompe di calore** geotermiche, idrotermiche e aerotermiche).

Lo **strumento** presentato e l'**accessibilità di schede di calcolo semplici e flessibili** consentirà ai tecnici competenti di sfruttare le **procedure standardizzate** implementate nel **software**. In particolare, permetterà alle **Pubbliche Amministrazioni** di **promuovere** iniziative di **audit energetico sul proprio parco edilizio e sugli edifici presenti sul territorio** da esse gestito. Il **tecnico esperto** responsabile della procedura di audit avrà il compito di suggerire opportuni interventi di **riqualificazione energetica**, su una **scala di priorità**.

CONCLUSIONI

La **validazione** delle stime energetiche effettuata tramite lo **storico dei consumi** rende affidabile l'**analisi economica** implementata in SEAS.

Privati e imprese possono dunque **investire** sull'**efficientamento energetico**, prevedendo con ragionevole accuratezza **tempi di ritorno e flussi di cassa netti**.

In molti casi, il **risparmio energetico** rappresenta un **investimento** molto più vantaggioso rispetto a un generico prodotto finanziario.

Oltre alle prescrizioni legislative e agli aspetti economici diretti, esistono poi ulteriori benefici indiretti legati al raggiungimento di **migliori condizioni di benessere energetico-ambientale**.

Ad esempio, in un **ambiente lavorativo** si può ottenere un **incremento della produttività del personale**, il cui effetto economico diventa preponderante rispetto alla semplice stima del risparmio sui consumi dei vettori energetici.

TEAM DI SVILUPPO DI S.E.A.S.

ENEA

Arch. Gaetano Fasano

Ing. Paolo Signoretti

DESTEC, Università di Pisa

Prof. Walter Grassi

Ing. Daniele Testi

Ing. Elena Menchetti

Ing. Paolo Conti

Ing. Eva Schito

Ing. Davide Della Vista



GREEN CITY ENERGY PISA *IV edizione*

4 luglio 2013

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

Walter GRASSI – Gaetano FASANO – Daniele TESTI

