

GFOSS DAY 2012

5^a conferenza italiana sul software geografico e sui dati geografici liberi

Cities 
on power



L'analisi del fabbisogno di energia elettrica e termica del parco edilizio esistente attraverso un sistema informativo geografico open source

Giovanni Vicentini

–

Provincia di Torino

Guglielmina Mutani

–

Dipartimento Energia
Politecnico di Torino



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND

This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

Obiettivi del lavoro



- Definire una procedura per determinare il fabbisogno termico ed elettrico degli edifici residenziali su tutto il territorio della Provincia di Torino a scala di edificio
- Analizzare il potenziale di risparmio energetico degli edifici residenziali per il riscaldamento e la produzione di ACS
- Creare uno strumento interattivo per i cittadini e le amministrazioni pubbliche, promuovere le soluzioni tecnologiche per ridurre la bolletta energetica

Software utilizzato



Quantum GIS versione Lisboa 1.8

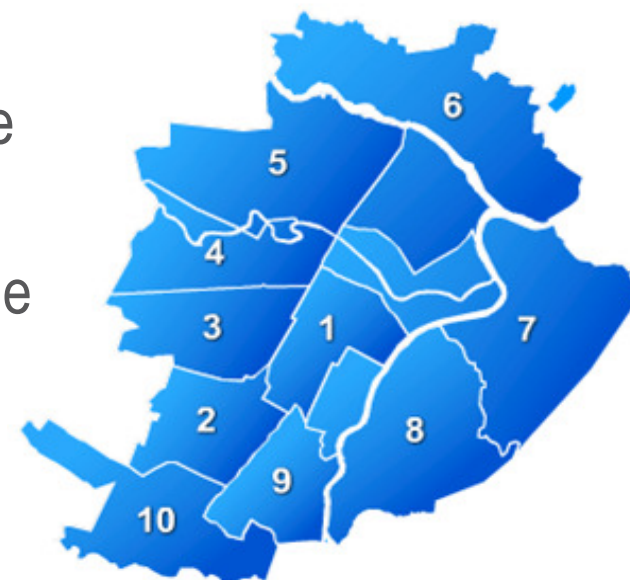
Elaborazione di una *procedura di calcolo* considerando:

- Le caratteristiche del tessuto edificato:
 - geometriche: superficie utile, altezza, volume lordo, volume lordo riscaldato, superficie disperdente, fattore di forma, ...
 - destinazione d'uso (residenziale)
 - epoca di costruzione (almeno per classi)
 - numero di occupanti per edificio (per sezione di censimento)
- Il fabbisogno termico ed elettrico degli edifici attraverso correlazioni trovate in letteratura



Dati disponibili

- Per il Comune di Torino (caso pilota):
 - Shapefile areale “CTC Torino” (vettoriale areale con edifici dotati di attributo relativo alla destinazione funzionale)
 - Shapefile puntuale “rete geodetica” (vettoriale puntuale con punti quotati)
 - Shapefile areale “VV_edifici_epoca” (vettoriale areale con edifici dotati di attributo relativo al periodo di costruzione)
 - Dati ISTAT 2001 per la percentuale di edifici occupati (sezioni di censimento)



Caratteristiche degli edifici (1)



- Estrazione degli edifici residenziali: selezione degli edifici con attributo “destinazione d’uso = residenza”.
Ulteriore pulitura sulla base delle caratteristiche geometriche:
 - area in pianta $< 40\text{m}^2$ OR $> 3.000\text{ m}^2$
 - rapporto perimetro/area > 1
 - numero di piani =1 AND area in pianta $> 300\text{ m}^2$

Comando utilizzato per calcolo delle caratteristiche geometriche: **Estrai/aggiungi colonne geometriche**

Le altre selezioni sono avvenute solo attraverso l’interrogazione della tabella degli attributi



Caratteristiche degli edifici (2)

- Calcolo altezza degli edifici : attribuzione dei valori dei punti quotati di gronda e del piano campagna (rete geodetica) ai poligoni degli edifici

Comando utilizzato: **unisci attributi per posizione**

$H = \text{punti quotati di gronda} - \text{punti quotati p.c.}$

In caso di mancanza dei precedenti dati dalla rete geodetica si utilizza il numero di piani, attributo del vettoriale

$H = \text{numero di piani} * 3 + 1$



Caratteristiche degli edifici (3)

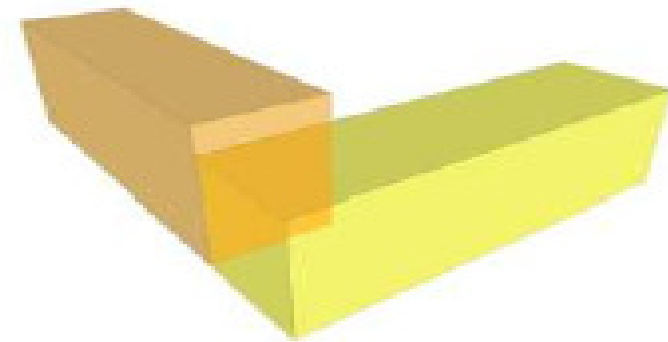
- Calcolo del volume degli edifici:

$$V_{\text{lordo}} = \text{area in pianta} * H$$

- Calcolo della superficie esterna:

$$S_{\text{esterna}} = (\text{area in pianta} * 2) + (\text{perimetro} * H)$$

Alla superficie esterna totale
deve essere sottratta la
superficie delle pareti perimetrali
condivise tra più edifici



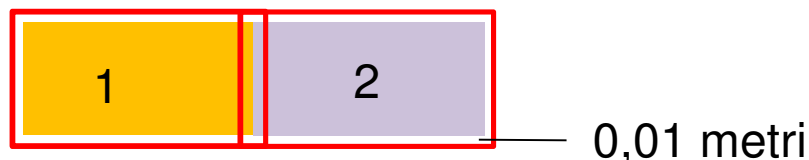


Caratteristiche degli edifici (4)

■ Calcolo delle superfici condivise tra più edifici:

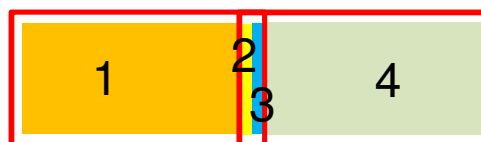
1. Calcolare il buffer degli edifici (0,01 metri)

Comando utilizzato: **Buffer**



2. Intersecare gli edifici ed il buffer calcolato al punto 1

Comando utilizzato:
Intersezione



Comando utilizzato:
**Estrai/aggiungi
colonne geometriche**

3. Ricalcolare l'area ed il perimetro dell'intersezione
4. Calcolare la differenza tra l'altezza dell'edificio intersecante e l'altezza dell'edificio intersecato ΔH
Se $\Delta H = 0$ (caso 1 o 4), se $\Delta H <> 0$ (caso 2 o 3)



Caratteristiche degli edifici (5)

5. Calcolare la superficie di intersezione tra i due edifici contigui

Se $\Delta H > 0 \rightarrow$ edificio intersecante è più alto dell'edificio intersecato

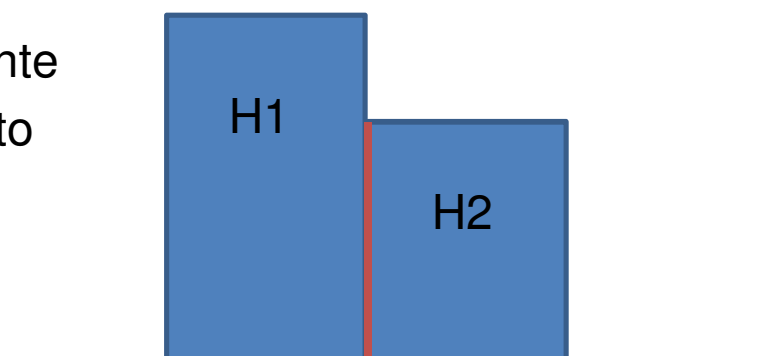
Se $\Delta H < 0 \rightarrow$ edificio intersecante è più basso dell'edificio intersecato

Se $\Delta H > 0 \rightarrow$ (perimetro del poligono/2) * H edificio intersecato

Se $\Delta H < 0 \rightarrow$ (perimetro del poligono/2) * H edificio intersecante

H1 = edificio intersecante

H2 = edificio intersecato





Caratteristiche degli edifici (5)

- Calcolo del fattore di forma:

Il fattore di forma reale S/V si calcola dividendo la superficie disperdente per il volume lordo riscaldato: $S/V = 1,44 \cdot S_{\text{esterna}}/V_{\text{lordo}}$

- Definizione dell'epoca di costruzione:

Quasi tutti gli edifici di Torino dispongono di questo attributo. Nel caso in cui sia mancante viene utilizzato il dato medio della sezione di censimento (ISTAT 2001) in cui quell'edificio ricade. L'attribuzione avviene attraverso una join tra la tabella degli attributi degli edifici residenziali e la tabella ISTAT (con campo comune corrispondente al codice della sezione di censimento).



Caratteristiche degli edifici (6)

■ Calcolo del numero di occupanti per edificio:

1. Calcolare la superficie lorda di pavimento:

$$\text{Slp} = \text{Volume} / 3 \text{ metri}$$
 altezza standard di un piano

2. Calcolare il numero di occupanti teorici:

$$\text{Abitanti teorici} = \text{slp} / \text{parametro pro capite slp}^*$$

*In Regione Piemonte questo parametro corrisponde a 30 m² di slp pro capite (LR 56/1977 art.20)

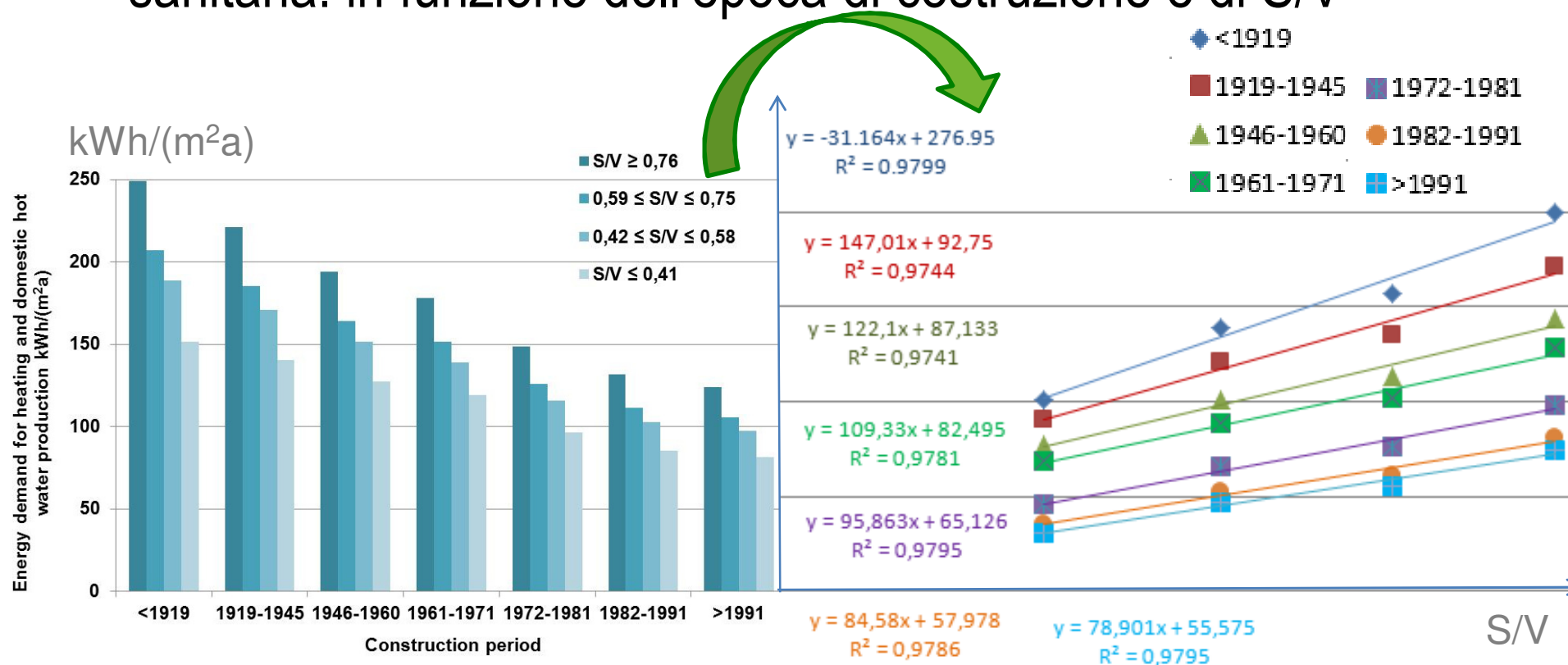
3. Calcolare il numero di occupanti:

Utilizzare il valore % di alloggi occupati sugli alloggi totali per sezione di censimento (fonte ISTAT 2001) ed applicarlo al numero di occupanti. Eseguire una join tra le due tabelle.

Calcolo del fabbisogno termico (1)












- Per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria: in funzione dell'epoca di costruzione e di S/V



Calcolo del fabbisogno termico (2)



| | | | |
|---|----------------------------------|----|--|
| | $EP_{L To} < 27 \text{ kWh/m}^2$ | A+ |  |
| $27 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 44 \text{ kWh/m}^2$ | | A |  |
| $44 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 82 \text{ kWh/m}^2$ | | B |  |
| $82 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 143 \text{ kWh/m}^2$ | | C |  |
| $143 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 201 \text{ kWh/m}^2$ | | D |  |
| $201 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 249 \text{ kWh/m}^2$ | | E |  |
| $249 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} < 300 \text{ kWh/m}^2$ | | F |  |
| $300 \text{ kWh/m}^2 \leq EP_{L To} \leq 435 \text{ kWh/m}^2$ | | G |  |
| $>435 \text{ kWh/m}^2$ | | NC |  |



Calcolo del fabbisogno elettrico



1. Raccolta dati di consumo di energia elettrica del comparto residenziale per il Comune di Torino (estratti dal Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile – anno 2009)
2. Calcolo del consumo pro-capite:

Consumo pro-capite = Consumo EE settore residenziale /
abitanti Comune di Torino 2009 (ISTAT)

3. Applicazione del consumo pro-capite a ciascun edificio:

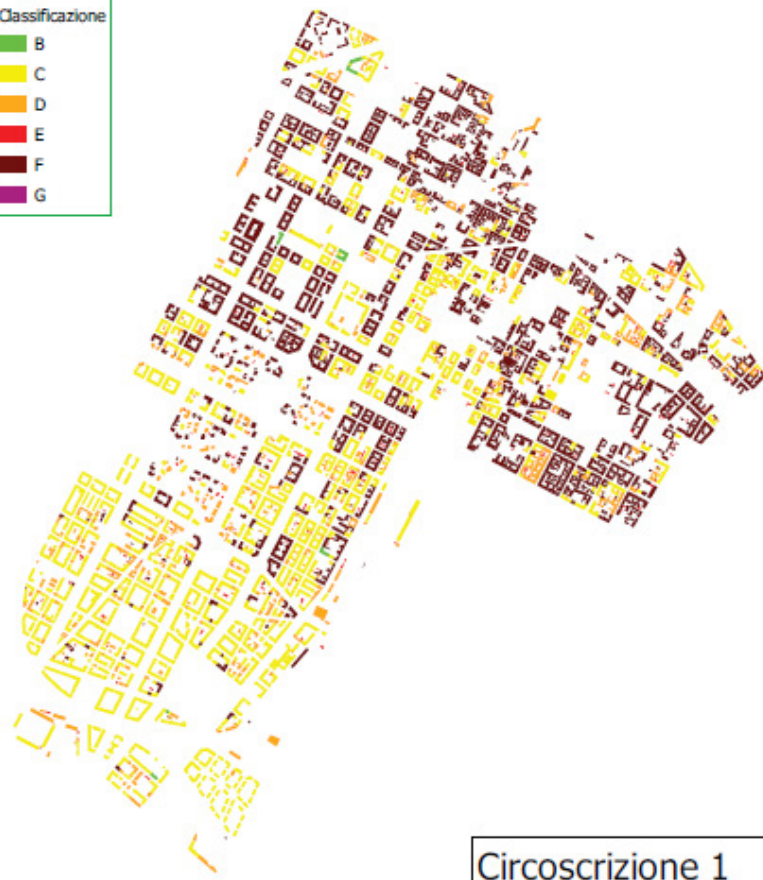
Fabbisogno EE edificio = occupanti edificio * consumo pro-capite EE

Mappe del fabbisogno energetico



Legenda
Classificazione

| | |
|--------|---|
| Green | B |
| Yellow | C |
| Orange | D |
| Red | E |
| Brown | F |
| Purple | G |



Circoscrizione 1

| Circoscrizioni | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Average thermal energy demand (kWh/sqm) | 196 | 131 | 141 | 157 | 149 | 162 | 180 | 180 | 137 | 161 |
| Highest thermal energy demand (kWh/sqm) | 301 | 270 | 281 | 282 | 285 | 285 | 301 | 294 | 304 | 278 |
| Lowest thermal energy demand (kWh/sqm) | 78 | 78 | 75 | 76 | 78 | 79 | 78 | 77 | 78 | 76 |

| Circoscrizioni | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Average electric energy demand (kWh/sqm) | 40 | 41 | 40 | 41 | 41 | 42 | 41 | 42 | 41 | 42 |
| Highest electric energy demand (kWh/sqm) | 61 | 59 | 58 | 57 | 57 | 61 | 65 | 61 | 55 | 58 |
| Lowest electric energy demand (kWh/sqm) | 14 | 26 | 24 | 19 | 19 | 22 | 21 | 21 | 27 | 18 |



Conclusioni

- Il fabbisogno di energia termica dipende in modo sostanziale da un fattore geometrico (V o S/V) e dall'epoca di costruzione degli edifici. Il primo può essere calcolato in modo agevole con il software Quantum GIS mentre il secondo dipende dalle banche dati disponibili.
- Sviluppi futuri:
 - Sulla base di ortofoto e cartografia numerica sarà possibile ricostruire l'epoca di costruzione degli edifici nei Comuni dove questo dato non è disponibile
 - Il modello di fabbisogno termico sarà esteso a tutta la Provincia di Torino in funzione dei gradi-giorno
 - È in corso una valutazione sul fabbisogno termico degli edifici teleriscaldati a Torino
 - Utilizzando i risultati presentati nel “Rapporto sull'Efficienza Energetica” dall'ENEA si possono fare delle considerazioni sul risparmio energetico a seguito di alcuni interventi migliorativi o sulle politiche energetiche da adottare.