

Città di Gorgonzola

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO



Piano delle Regole

Relazione

Il modello energetico della città esistente

gennaio 2011

Adozione DCC 30 del 24 marzo 2011

Approvazione

DCC 61 del 25 luglio 2011 DCC

62 del 26 luglio 2011

DCC 63 del 28 luglio 2011

VARIANTE 1 DCC 65 - 24 settembre 2012

DCC 15 - 18 febbraio 2013

VARIANTE 2:

DCC 84 - 7 luglio 2014

DCC 154 - 19 dicembre 2014

Il modello energetico della città esistente

1. Premessa

L'energia ed il contenimento dei consumi anche in Italia negli ultimi anni è stato oggetto di numerose normative sia a livello centrale che regionale, destinati sempre di più a regolamentare l'attività edilizia.

Oltre il livello del singolo manufatto edilizia, il tema della pianificazione energetica territoriale è stato codificato dalla legge n.10/1991, che ha introdotto due tipologie di piano: il piano regionale - relativo all'uso delle fonti rinnovabili - ed il piano energetico urbano, prevedendone l'obbligatorietà per i comuni con popolazione superiore a 50 mila abitanti ma senza definire ulteriori specificazioni su struttura e contenuti del piano stesso.

Nel corso di questi anni le poche esperienze compiute hanno evidenziato un approccio al piano energetico comunale del tutto specialistico e autonomo dai piani urbanistici, con elaborazioni che si sono polarizzate su due modelli.

Al primo modello appartengono i piani energetici intesi come *bilancio*, a scala comunale, con previsioni di ampio raggio e senza sviluppare considerazioni sulla qualità energetica dei contesti di riferimento e sugli assetti insediativi previsti.

Al secondo modello si riconducono quelle esperienze che hanno declinato il piano energetico in termini di *progetto*, focalizzato su singole azioni o interventi, come la realizzazione di impianti o reti per la produzione e la distribuzione di energia.

Dall'altro lato gli stessi strumenti di pianificazione urbanistica e governo del territorio hanno considerato in maniera molto limitata il tema dell'energia, anche se non sono mancati recenti piani urbanistici comunali (Bologna, Roma) che hanno tradotto nelle azioni urbanistiche alcune indicazioni del piano energetico locale, rivolgendo il campo di intervento (Linee guida per l'energia) non solo alla città della trasformazione ma anche a quella esistente.

Nel caso di Gorgonzola, l'intenzione non è tanto quella di costruire uno strumento di settore, il *Piano energetico*, da affiancare al piano urbanistico ma quella di procedere alla costruzione di un quadro conoscitivo propedeutico alla formulazione di obiettivi di sostenibilità energetica, da tradurre nell'azione urbanistica rispetto alla città e al paesaggio (esistente, da riqualificare e da trasformare).

Questo contributo ha approfondito l'attenzione sulla città esistente e ai suoi consumi energetici, allo scopo di fornire un supporto alle scelte del piano nell'ambito delle strategie di sostenibilità contenute nei diversi strumenti (Documento di Piano, Piano dei Servizi e Piano delle Regole).

In tal senso, il lavoro si è tradotto nella costruzione di un "modello energetico" della città esistente su cui operare, selezionando e verificando le singole azioni previste nei piani urbanistici ed in particolare nel Piano delle Regole.

Il modello georeferenziato è stato realizzato con la collaborazione di Matteo Doni (phd) Elisabetta Troglio (phd) e Giuseppe Fiorillo (pianificatore territoriale) del DIAP - Politecnico di Milano.

Fabio Bertrand Elsa

2. I consumi energetici della città

Il 2009 ha costituito l'anno di svolta per quanto riguarda il processo di urbanizzazione del pianeta perché per la prima volta nella storia la quota di popolazione insediata in aree urbane ha superato quella che vive nelle campagne. Si calcola che questo dato è destinato ad aumentare, con una proiezione di crescita della popolazione che porterà ad una quota del 60% nel 2030 e del 70% nel 2050.

Se associamo a questo fenomeno il fatto che è nelle città che si consuma la maggior parte dell'energia mondiale prodotta (per il 75%) e che è nelle città che si produce l'80% delle emissioni di gas climalteranti, la questione energetica declinata in chiave urbana costituisce uno dei temi fondamentali delle politiche pubbliche a qualsiasi scala: globale, regionale e locale.

Alcuni studiosi che hanno affrontato il tema della dimensione territoriale e urbana declinato rispetto al tema domanda energetica/emissioni climalteranti (tra gli altri P. Doege e in Italia P. De Pascali), individuano i consumi energetici urbani come una vera e propria categoria di consumi energetici in sé, che supera il modello classico dei consumi basato su due elementi: i generatori di energia (a partire dalle tecnologie di produzione o alle fonti) e gli utilizzatori, divisi per settori dell'economia (primario, secondario, ..).

In base alle caratteristiche e agli impatti sull'organizzazione fisica e funzionale della città, i consumi energetici urbani posso essere distinti in tre settori principali.

Al primo settore appartengono i consumi destinati al comfort, finalizzati al raggiungimento del benessere fisico degli ambienti confinati per abitanti, lavoratori, utenti di attrezzature pubbliche e collettive (ospedali, scuole, ecc.) ma anche destinate all'acquisto e al consumo (centri commerciali e negozi, ecc.). In questa categoria rientrano i consumi energetici per il riscaldamento invernale e per il raffrescamento estivo, per l'illuminazione artificiale (sia interna che degli spazi aperti esterni), per la cottura dei cibi, ma anche per gli impianti tecnologici legati al vivere urbano (depuratori, acquedotti, ecc.).

Al secondo settore appartengono tutti i consumi energetici che destinati ai trasporti ovvero alla circolazione di persone e merci.

Infine, al terzo settore si riconducono quei consumi legati alla produzione materiale ed immateriale, nelle quote chiaramente distinguibili dal settore comfort, come nel caso del terziario.

La città riveste un ruolo importantissimo per quanto riguarda le tematiche della sostenibilità energetica, ma è solo negli ultimi anni che è emersa una sempre maggiore attenzione all'insediamento nel suo complesso (Commission of European Communities, 2007) rispetto alla sola scala edilizia.

Gli edifici della città sono la sede privilegiata di molte delle attività umane, per questo motivo ad essi si associa la maggior domanda energetica generale, ed i consumi del settore domestico delle città del mondo "sviluppati" sono principalmente derivanti dal riscaldamento.

Nel panorama internazionale si osserva come il settore edilizio giochi un ruolo chiave: gli edifici esistenti sono responsabili di oltre il 40% del consumo totale mondiale di energia primaria; ma, nonostante le opportunità derivanti dalle tecnologie a basso consumo energetico, gran parte del potenziale esistente nel settore dell'edilizia residenziale rimane inutilizzato (IEA, 2008).

Sebbene il consumo del settore civile vede un netto prevalere del riscaldamento, tale percentuale di utilizzo è ovviamente dipendente dal clima: alle nostre latitudini la principale causa dell'inquinamento deriva dal settore residenziale della città (in Italia, emerge da recenti dati Enea che il 70% dei consumi del settore civile è destinato al riscaldamento).

È utile sottolineare come le questioni energetiche di questo settore siano strettamente connesse alla forma dell'edificio ed alle sue performances: un edificio nuovo consuma solitamente meno energia di uno più antico, perché l'involucro è più efficiente. Ma anche un appartamento collocato in un condominio richiede meno energia, per il riscaldamento di una casa isolata perché risulta più compatto (un edificio vetusto e mal isolato consuma mediamente più energia di un edificio nuovo, con fabbisogni da 3 a 6 volte superiori). Anche per queste ragioni appare evidente quanto la ristrutturazione di un vecchio tessuto urbano comporti notevoli impatti sui consumi energetici e quindi anche sulle emissioni.

La domanda di riscaldamento pesa in maniera significativa sui consumi complessivi dell'organismo città e se consideriamo i benefici sul risparmio energetico conseguenti ad interventi sul patrimonio edilizio esistente, possiamo comprendere anche l'incidenza sui livelli di sostenibilità economica, sociale ed ambientale del sistema territoriale.

Nonostante esistano un gran numero di metodologie riguardanti le performance energetiche di un singolo edificio, esistono pochi strumenti in grado di valutare il ruolo energetico alla scala urbana (Jones et al., 2007). I motivi di questa carenza di ricerche sono anche connessi al fatto che queste tematiche risultano ancora poco considerate all'interno della pianificazione urbanistica attuale (Park et al., 2004).

In Italia si osservano pochi Piani e Progetti che integrano la variabile energetica nella prassi pianificatoria (PEC e PSC di Bologna, Regolamento di Empoli, per citare i più significativi), sebbene sia la pianificazione urbana che determina indirettamente l'uso e consumo di energia tramite la definizione di differenti funzioni: risulta quindi sempre più necessario comprendere le variabili che influenzano il fabbisogno energetico nella città. Allo stesso modo, un audit energetico generalizzato del suo patrimonio edilizio può costituire la base per introdurre opportune misure di efficienza energetica (come per esempio il recupero del calore residuo e l'aumento dell'efficienza termica del patrimonio edilizio, ecc.) e quindi costituire un elemento di un sistema di gestione ambientale o di notifica sullo stato dell'ambiente.

Secondo alcune stime la quota dei consumi energetici finali su scala nazionale su cui influiscono la morfologia e l'organizzazione funzionale degli insediamenti urbani è compresa tra il 50 e il 70%, percentuale ottenuta sommando i valori dei quattro settori di riferimento (industria trasporti, usi civili e agricoltura) del Bilancio di sintesi dell'energia in Italia (Ministero dello Sviluppo Economico, già Attività Produttive). Di questi, al settore comfort si attribuisce un intervallo compreso tra il 25-35%, ai trasporti 19-27% e alla produzione 6-8%.

Le politiche energetiche sia a livello comunitario che nazionale negli ultimi anni hanno intrapreso un percorso di efficienza e di riduzione dei consumi destinato migliorare il patrimonio edilizio, con azioni che però si sono concentrate in gran parte sulle nuove costruzioni, sia sotto il profilo normativo che finanziario (incentivi) ma anche rispetto agli standard che certificano l'efficienza energetica (LEED, Itaca e Casaclima).

Nel nostro paese è stato calcolato che nel 2010 saranno realizzati circa il 23% in più rispetto al 2009 di edifici ad elevato standard di efficienza energetica (fonte ANCE) ma il vero problema riguarda il patrimonio esistente. Questo è per 2/3 rappresentato da edifici costruiti prima del 1972 e se consideriamo che il tema del risparmio energetico in edilizia è stato affrontato per la prima volta per via legislativa nel 1976, con la legge 373, appare evidente quanto peso abbia la città storica esistente sui consumi energetici urbani.

Per queste ragioni, il presente lavoro si è concentrato sulla domanda di energie concentrandosi sulla città esistente, applicando e declinando alle caratteristiche del sistema insediativo di Gorgonzola una metodologia di indagine utilizzata presso il Centro di ricerca dell'Eifer (University di Karlsruhe in Germania) e focalizzata sull'impiego di sistemi GIS nell'analisi del fabbisogno energetico (in termini di heat energy demand) nei tessuti e nelle tipologie edilizie.

3. Il metodo dell'indagine

Il lavoro ha inteso costruire un modello in grado di operare una stima della domanda di calore della città di Gorgonzola a partire dall'analisi delle performances energetiche delle differenti tipologie edilizie localizzate nel tessuto urbano esistente, con l'obiettivo di fornire un supporto alla pianificazione ed ai processi di progettazione della città. Si suppone che una conoscenza più approfondita di queste informazioni sia in grado di consentire agli enti locali di compiere scelte maggiormente adatte al particolare territorio di competenza, ponendo attenzione all'impatto delle decisioni urbanistiche e in termini di sostenibilità energetica, ambientale ed economica.

Il ricorso ad una metodologia di calcolo energetico semplificata e georeferenziata (grazie all'utilizzo del GIS) ha permesso di simulare il consumo del comparto edilizio esistente senza ricorrere alle semplificazioni ed astrazioni tipiche degli approcci statistici. Infatti, solitamente gli approcci finalizzati alla valutazione della domanda energetica sono basati sulla disaggregazione dei dati statistici disponibili ai livelli sovralocali, che quindi prescindono dalla dimensione urbana della città, non rappresentando la situazione reale.

Nel panorama internazionale si osservano pochi modelli innovativi in grado di legare la lettura energetica alla georeferenziazione (quali SEP, DECoRuM, EEP, NHER, di stampo anglosassone e difficilmente importabili in altro contesto), la metodologia semplificata adottata per Gorgonzola intende indagare la variabile energetica in modo maggiormente comprensibile e realmente relazionata alle specificità locali.

Tramite il ricorso ad una lettura puntuale e d'insieme è possibile effettuare dei confronti sulle prestazioni energetiche delle varie parti della città in funzione dell'epoca di costruzione, della densità, della morfologia prevalente, delle tecniche costruttive.

Il modello utilizzato prende le premesse dalla quantificazione del comportamento energetico di ogni singolo edificio, applicando poi una generalizzazione delle informazioni ed una semplificazione di alcuni parametri, giungendo così ad una stima delle relazioni che intercorrono tra tipologie edilizie diverse, consentendo la valutazione del rapporto tra morfologia urbana e fabbisogno energetico.

4. Sintesi della metodologia

Al fine di analizzare le performance energetiche della città in relazione al comparto edilizio esistente è stato necessario costruire un database, basato sulle seguenti informazioni di partenza:

1. cartografia digitale georeferenziata dell'intera città, integrata dalle informazioni delle altezze degli edifici (formato shape file, definito a partire dalla base in CAD disponibile per il comune e rielaborato in ArcMap®);
2. definizione delle tipologie edilizie presenti e classificazione degli edifici esistenti;
3. analisi storica ed evoluzione della città, definita a partire dalle mappe storiche disponibili, associando ad ogni edificio l'epoca di costruzione;
4. definizione della percentuale di superficie vetrata per tipologia edilizia.

Il processo di preparazione dei dati è fondamentale al fine di applicare correttamente le procedure di calcolo energetico. Attraverso la base cartografica digitale rielaborata tramite ArcMap®, è possibile associare ad ogni involucro edilizio una serie di informazioni (punti 2, 3 e 4). È però da precisare che l'involucro edilizio è stato considerato come un parallelepipedo complesso, con sporgenze o rientranze, ma privo di una particolare geometria del tetto: ogni edificio è definito come un poligono vettoriale (a geometria piana) corrispondente alla sua impronta a cui vengono associate informazioni.

Senza titolo - ArcMap - ArcInfo

File Edit View Bookmarks Insert Selection Tools Window Help

Editor

Attributi di 10_10_12_tipologie

ID	Shape	Elevation	Elevatio. 2	tipologia	Elevatio. 1	Altezza	Piani	Area	VERIFICA	PERIMETR	Tipolog	Volume	Area Perim	Area Volum
1	Polygon	121,660004	127,893997	Residenziale	127,890003	6,139999	2	107,235451	-0,039394	43	isolato su lotto 1-2 piani	696,425501	2,493348	0,162656
2	Polygon	124,229997	129,636504	Residenziale	129,639999	5,010002	1	2122,453773	0,001485	189	isolato su lotto 1-2 piani	10633,487939	11,229914	0,139601
3	Polygon	124,229998	128,233002	Residenziale	128,230003	4,080005	1	84,280333	0	33	isolato su lotto 1-2 piani	257,378002	0,24975	0,24975
4	Polygon	123,240003	128,263004	Residenziale	128,260003	4,869	1	125,708941	-0,053001	49	isolato su lotto 1-2 piani	623,263424	2,732816	0,201834
5	Polygon	124,229998	131,8265	Residenziale	131,800003	7,571007	2	128,444688	-0,025497	49	isolato su lotto 1-2 piani	972,455452	2,675931	0,132083
6	Polygon	123,954002	129,740997	Residenziale	129,749997	5,786995	2	40,76254	0	26	isolato su lotto 1-2 piani	235,971974	1,586317	0,172801
7	Polygon	124,131001	129,136	Residenziale	129,138	5,000999	1	6,716656	0	12	isolato su lotto 1-2 piani	43,592992	0,726405	0,139996
8	Polygon	124,4002	131,831	Residenziale	131,899994	7,497993	2	125,501254	-0,031006	47	isolato su lotto 1-2 piani	941,007591	2,677239	0,133369
9	Polygon	124,474999	130,662499	Residenziale	131,100006	6,620000	2	326,490001	0,237597	73	isolato su lotto 1-2 piani	2163,002723	4,132792	0,150949
10	Polygon	124,474998	128,604002	Residenziale	128,100006	6,620000	1	306,760709	-0,030996	80	isolato su lotto 1-2 piani	1438,260996	4,457996	0,256881
11	Polygon	124,235999	131,029999	Residenziale	131,029999	5,134	2	228,721572	0	66	isolato su lotto 1-2 piani	1416,701472	3,465478	0,181447
12	Polygon	124,235998	129,330005	Residenziale	127,900002	3,064003	1	55,086745	-1,439003	30	isolato su lotto 1-2 piani	166,790549	1,83675	0,32637
13	Polygon	124,091003	132,108994	Residenziale	132,099999	8,007996	2	197,672462	-0,009995	59	isolato su lotto 1-2 piani	1552,960204	3,350391	0,124975
14	Polygon	124,291003	130,089007	Residenziale	130,089007	6,007004	2	924,938993	0	102	isolato su lotto 1-2 piani	3753,347722	8,125771	0,158472
15	Polygon	125,179001	131,123505	Industriale	131,100006	5,921005	2	202,23427	-0,023499	59	Capannone	1197,430172	3,486798	0,16889
16	Polygon	125,764	132,754001	Residenziale	132,5	6,736	2	171,625699	-0,254001	70	isolato su lotto 1-2 piani	1155,397054	2,450367	0,148456
17	Polygon	124,359001	132,363007	Residenziale	132,399994	7,540993	2	230,058629	0,039987	65	isolato su lotto 1-2 piani	1734,671961	3,339367	0,132609
18	Polygon	125,032997	131,702596	Residenziale	131,500003	6,287005	2	341,132906	-0,402662	109	isolato su lotto 1-2 piani	2137,581314	3,126559	0,159566
19	Polygon	129,032997	128,139999	Residenziale	128,100006	3,087009	1	18,433426	-0,039993	39	isolato su lotto 1-2 piani	298,893975	2,221932	0,326991
20	Polygon	125,032997	134,008997	Residenziale	133,999994	8,666997	3	103,835117	-0,109001	42	isolato su lotto pluripiano	920,79195	2,472274	0,112776
21	Polygon	124,214003	130,664005	Industriale	130,964005	6,150002	2	771,264653	0	141	Capannone	4743,200025	5,469963	0,162602
22	Polygon	125,032997	133,609001	Residenziale	133,100006	8,087009	2	129,036674	-0,509995	49	isolato su lotto 1-2 piani	1040,939202	2,688262	0,123962
23	Polygon	125,098002	129,294995	Residenziale	129,699994	3,509997	1	46,965002	-0,495001	32	isolato su lotto 1-2 piani	164,073999	1,464631	0,265633
24	Polygon	125,399002	131,572962	Residenziale	129,699994	4,500992	1	154,793939	-1,672668	53	isolato su lotto 1-2 piani	696,724902	2,920635	0,222173
25	Polygon	126,243002	133,112	Residenziale	133,300003	6,457001	2	294,018543	0,188004	95	isolato su lotto 1-2 piani	1699,47795	3,094932	0,154871
26	Polygon	126,243002	133,643997	Residenziale	133,643997	6,800995	2	14,33541	0	17	isolato su lotto 1-2 piani	97,495052	0,843259	0,147037
27	Polygon	126,243002	135,042503	Residenziale	134,100006	7,257004	2	167,763643	-0,942497	57	isolato su lotto 1-2 piani	1217,461393	2,943222	0,137798
28	Polygon	127,410004	131,616996	Residenziale	131,199997	3,789993	1	253,76259	-0,616999	69	isolato su lotto 1-2 piani	961,759174	3,677719	0,263653
29	Polygon	127,410004	133,543003	Residenziale	133,600006	6,190002	2	121,869423	0,057003	51	isolato su lotto 1-2 piani	754,372023	2,395597	0,151551
30	Polygon	127,358003	132,642004	Residenziale	132,800003	5,445	1	209,34352	-0,047501	69	isolato su lotto 1-2 piani	1199,671213	3,076886	0,133655
31	Polygon	126,243002	134,192993	Residenziale	134,192993	7,349991	2	429,030405	0	120	isolato su lotto 1-2 piani	3153,369546	3,572553	0,136055
32	Polygon	127,190002	131,477005	Residenziale	130,800003	3,610001	1	316,980253	-0,677002	109	isolato su lotto 1-2 piani	1142,594986	2,930632	0,277609
33	Polygon	127,249997	133,205196	Industriale	131,699994	3,950999	1	395,565309	-1,405502	99	Capannone	1623,967148	3,694999	0,253101

Record: 1 (1 out of 2330 Selected) Show: All Selected Records (0 out of 2330 Selected) Options

Display Source Selection

Drawing

1532780,806 5042234,302 Unknown Units

Immagine 1 - Screenshot del database



Particolare della tavola 1 "Altezze prevalenti"

L'obiettivo di indagare la domanda di energia vede come premesse l'osservazione ed il confronto delle caratteristiche edilizie degli edifici localizzati nella città, che appartengono a due classi: sia di tipo qualitativo (vale a dire quei caratteri connessi alla storia che ne ha determinato l'origine, piuttosto che alla funzione prevalente o alla morfologia), sia di tipo quantitativo (metri quadri costruiti, percentuale di superficie coperta, indici edilizi, ecc.).

Affinché i dati relativi all'involucro edilizio siano utilizzabili, è fondamentale costruire un database di informazioni, ottenuto rielaborando alcuni parametri rappresentativi della componente costruita, dato l'obiettivo di costruire un audit energetico degli edifici esistenti. Questo è stato fatto a partire dall'individuazione di tipologie edilizie prevalenti, al fine di applicare parametri omogenei ad edifici simili.

L'applicazione di parametri affini è giustificata anche dall'esigenza di osservare gli edifici dal punto di vista

della capacità termica: l'uso di materiali costruttivi diversi causa un diverso comportamento nel rapporto tra le superfici di confine (l'ambiente esterno e quello interno) dell'involucro edilizio, comportando una differenza termica, andando così a incidere sul consumo generale dell'edificio e quindi anche del tessuto urbano in cui è inserito. Questo concetto è estendibile sia alle componenti opache sia a quelle trasparenti, pertanto si è ritenuto opportuno individuare una serie di valori medi da applicare alle diverse tipologie edilizie (l'epoca di costruzione, la trasmittanza medie delle superfici opache e trasparenti) data l'evidente difficoltà di redigere indagini ad hoc per tutti gli edifici appartenenti alla città di Gorgonzola.

Come vedremo, grazie alla definizione di questi parametri medi per tipo edilizio ed epoca storica è stato possibile avviare un'analisi della domanda energetica su alcuni edifici campione (sono stati analizzati circa il 15%-20% degli edifici appartenenti a ciascuna tipologia) associando poi il valore medio calcolato ai restanti edifici.

Il calcolo della domanda di calore per gli edifici campione si è basato sul software CASAnova (sviluppato da Fachgebiet Bauphysik & Solarenergie, University of Siegen), sviluppato a fini educativi per semplificare il calcolo della domanda di riscaldamento e raffreddamento analizzando il comportamento degli edifici.

Prima di illustrare le modalità di calcolo energetico è necessario descrivere i processi che hanno consentito di definire dapprima le diverse tipologie edilizie presenti, rispetto alle quali sono stati individuati i valori medi applicati alla trasmittanza delle superfici opache e trasparenti.

4.1 Individuazione delle tipologie edilizie

Grazie al software ArcMap® è possibile calcolare i seguenti aspetti geometrici di ogni involucro edilizio della città riducendo notevolmente i tempi di elaborazione (nella città sono presenti oltre 2.500 edifici):

- uso del suolo, funzione prevalente dell'isolato urbano in cui l'involucro è inserito (F) – definito a partire dalle analisi urbanistiche del territorio;
- piani fuori terra, altezza media in termini di piani fuori terra (S);
- impronta a terra dell'edificio (C);
- rapporto superficie costruita e perimetro, al fine di valutare la complessità (C/P);
- rapporto tra impronta a terra e volume, che valuta la compattezza dell'edificio (C/V);
- rapporto tra piani fuori terra e superficie costruita, per valutare l'intensità dell'edificazione (S/C);
- rapporto superficie e volume, indice di compattezza (Sf/V) ;
- muri interni ed esterni, percentuale delle pareti di contatto tra edifici.

L'analisi degli aspetti geometrici dell'edificio è un elemento molto importante dato che influisce in maniera significativa sugli scambi termici ai fini del calcolo energetico. Di seguito sono elencate le tipologie edilizie identificate secondo i criteri sopraesposti la cui combinazione caratterizza la città di Gorgonzola.

Parametri	Isolato su lotto a bassa densità	Schiere	Isolato su lotto pluripiano	Blocco o Capannone	Corte	Edifici a cortina
Funzione prevalente	Residenziale	Residenziale	Residenziale	Ind.Comm. Terziario	Misto	Misto
Piani fuori terra(S)	≤ 3 Pt	≤ 3 Pt	≥ 3 Pt	≤ 5/6 Pt	≤ 3 Pt	≥ 1 Pt ≤ 8 Pt
Impronta a terra dell'edificio(C)	≤ 400	≤ 900	> 40 < 1000	> 100	> 150	> 40
Impronta a terra/perimetro(C/P)	≤ 7,4	≤ 5,6	> 1 < 6,1	> 1,9	> 2,3	> 0,6
Impronta a terra/volume(C/V)	< 0,45	< 0,43	> 0,03 < 0,15	< 0,40	< 0,23	> 0,03
Rapporto superficie/volume(Sf/V)	> 0,41	> 0,46	≥ 0,25 ≤ 1,36	Valore medio 0,62	Valore medio 0,59	≥ 0,3
Perimetro (P)	-	-	≤ 350	> 100	> 50	-
Muri Interni (MI) e Muri Esterni (ME)	ME=P	ME<P	ME=P	ME=P	ME=P	ME<P

Tabella 1 – Le tipologie edilizie individuate ed i parametri geometrico-funzionali utilizzati

Considerando i valori e i parametri riportati nella tabella precedente, è possibile identificare le seguenti tipologie di edifici, localizzate su tutto il territorio comunale:

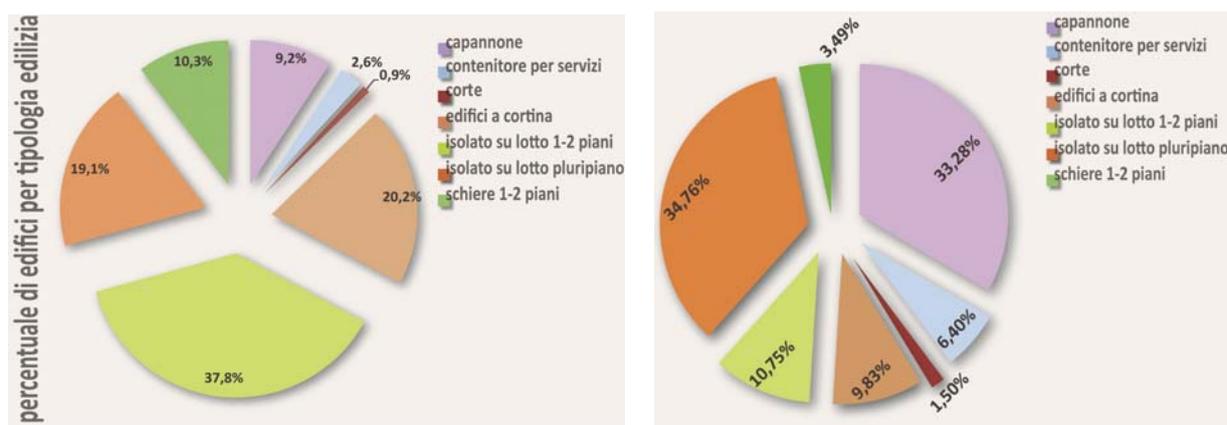
- *Isolato su lotto a bassa densità*, edifici residenziali caratterizzati per una bassa densità edilizia, oltre che per il fatto di trovarsi prevalentemente isolati su lotto. Gran parte degli edifici di questa tipologia sono concentrati in una fascia in cui il rapporto Sf/V è compreso tra 0,41 ed 1 (valore medio di 0,85).
- *Schiere*, involucri edilizi che possiedono parametri differenti rispetto alla casa isolata su lotto: i rapporti di Sf/V risultano maggiori di 0,75; posseggono, inoltre, una minore estensione dei muri esterni rispetto al perimetro dell'edificio.
- *Isolato su lotto pluripiano*, edifici residenziali caratterizzati in primo luogo da una densità edilizia abbastanza elevata, secondariamente da una relativa prevalenza del perimetro rispetto all'impronta a terra ed infine per il fatto di trovarsi isolati su lotto. Gran parte degli edifici si concentrano in una fascia in cui il valore medio di Sf/V è pari a 0,40.
- *Blocco*, edifici con funzione prevalente terziario-commerciale e/o industriale caratterizzati da una densità edilizia medio-alta, dovuta soprattutto all'estensione della superficie costruita. Il rapporto Sf/V solitamente è maggiore di 0,4 (valore medio 0,62), in queste tipologie rientrano quindi tipicamente gli edifici a "blocco" o "piastra" solitamente liberi su lotto, a medio-alta densità.
- *Corte*, edifici con funzione mista sebbene si osserva il prevalere della funzione residenziale. Anche in questo caso si osservano edifici con caratteristiche intermedie tra quelli precedenti, in generale possiedono una densità edilizia elevata e si inseriscono in contesti densi spesso con un diretto contatto con altri blocchi edilizi. Gran parte degli edifici sono concentrati in una fascia in cui il rapporto Sf/V ha un valore medio di 0,59. In queste tipologie rientrano tipicamente gli edifici a "corte" di grandi dimensioni ed in grado di occupare anche l'intero isolato, con una media densità edilizia.
- *Edifici a cortina*, in generale edifici interclusi che appartengono prevalentemente ai tessuti storici, dove la principale caratteristica è proprio la complessità delle forme dell'involucro edilizio. Tra le caratteristiche comuni vi è la commistione di funzioni presenti, spesso con il piano terra dedicato al commercio mentre gli

altri riservati ad attività varie sia di tipo terziario sia residenziale. Gli edifici rientranti in questa tipologia per più del 75% dei casi appartengono ad isolati con funzione prevalentemente residenziale. Un elemento caratterizzante risulta la continuità dell'edificato con estese superfici di contatto (un ¼ degli edifici ha un'estensione del perimetro esterno minore di quello di contatto con altri edifici). Osservando l'altezza in piani fuori terra (S) questa risulta nell'80% dei casi maggiore di 3 piani. Il rapporto Sf/V è generalmente sempre maggiore a 0,3, almeno il 50% degli edifici possiede anche un rapporto Sf/V minore di 0,6 indicante non solo la possibilità di una complessità dell'involucro edilizio, ma anche una certa compattezza tipica dei contesti storici. Si organizzano prevalentemente lungo il filo strada, possiedono caratteristiche dimensionali e di rapporti simili a quelli delle tipologie "semplici" precedenti ma si differenziano per avere uno o più muri perimetrali in comune.

Tramite l'approccio geometrico sono stati classificati tutti gli edifici nei sette tipi edilizi identificati, permettendo di costruire una mappatura della città.



Immagine 3 – Particolare della tavola 3 “Tipologie edilizie degli edifici” individuate a partire dei parametri geometrico-funzionali utilizzati



Percentuale di edifici nelle diverse tipologie (a sinistra) e suddivisione percentuale del volume per tipologia edilizia (a destra)

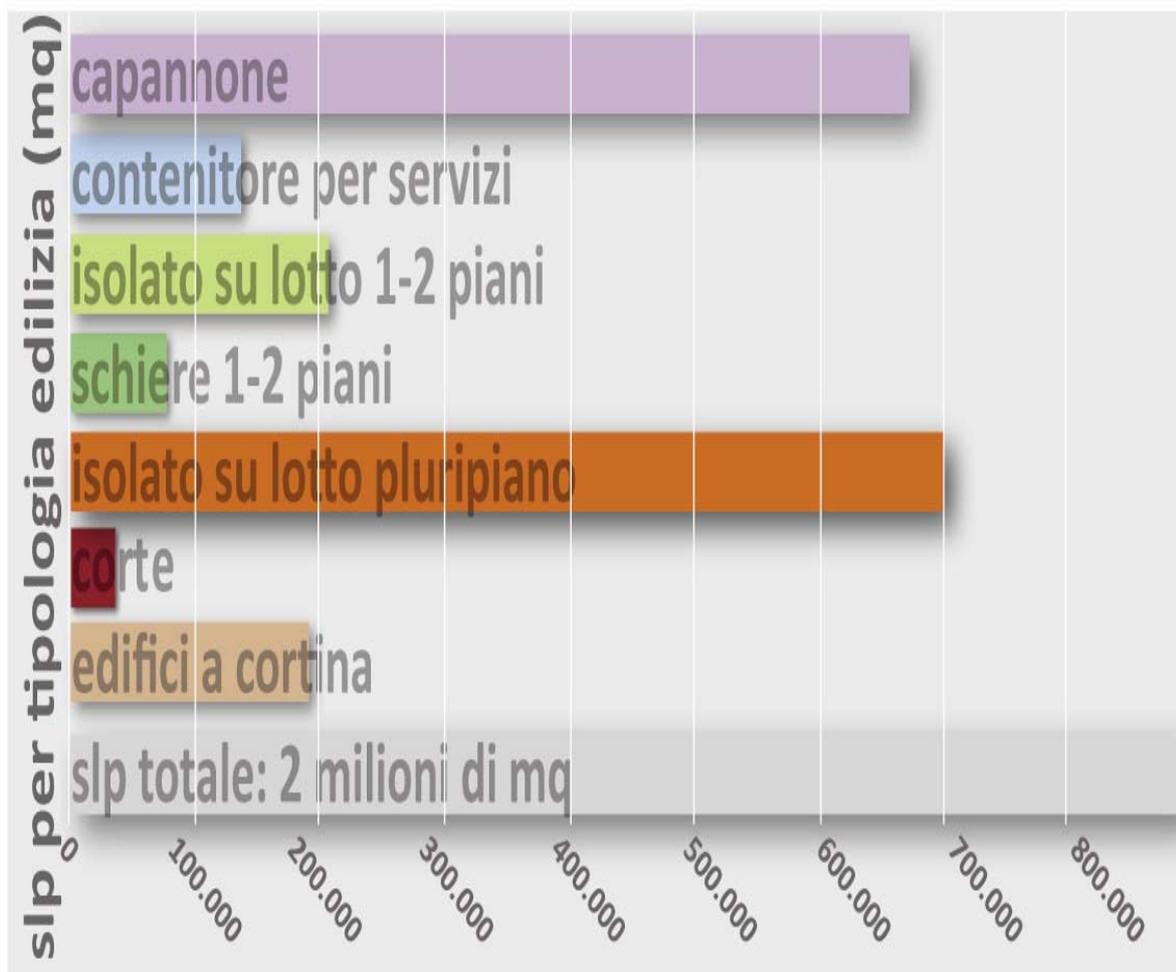
Dall'analisi dei dati disponibili emerge che l'approccio geometrico sono stati classificati tutti gli edifici nei sette tipi edilizi identificati, permettendo di costruire una mappatura della città. Si evidenzia che il comparto edilizio risulta prevalentemente composto da edifici isolati su lotto di 1-2 piani (37,8%), isolati su lotto pluripiano (20,2%) e edifici a cortina (19,1%).

L'utilizzo della base cartografica digitale integrata dalle informazioni delle altezze permette di stimare alcuni parametri quantitativi, permettendo di approfondire l'analisi del comparto edilizio esistente. Sono stati quindi stimati alcuni indicatori in grado di rappresentare il rapporto formale e l'organizzazione spaziale della componente costruita, in quanto parametri determinanti nella valutazione energetica.

In quest'ottica sono stati indagati i seguenti parametri ed indici urbanistici:

- *Superficie coperta o impronta a terra del costruito* (Sc in mq), è definita come la parte di superficie dei singoli lotti interessata da costruzioni, è ottenuta dalla proiezione orizzontale degli edifici;
- *Superficie lorda di pavimento* (Slp in mq), è definita come la somma delle superfici calpestabili esistenti che fanno parte dell'edificio, nel nostro approccio si considera anche le superfici occupate dai muri perimetrali (viene calcolata sommando le superfici di ciascun piano fuori terra, al lordo delle murature, vale a dire moltiplicando i piani fuori terra per l'impronta a terra del costruito). Come vedremo, ai fini del calcolo energetico con "superficie riscaldata di un edificio" si intende l'80% della Slp .
- *Altezza dell'edificio* (H in metri), è la distanza tra la quota del terreno e la quota di gronda (è stata calcolata sottraendo alla quota di gronda la quota del terreno per ogni edificio).
- *Numero di piani fuori terra* (S), rappresenta l'altezza degli edifici in numero di piani (è determinata dividendo l'altezza dell'edificio per 3 m, definita come l'altezza media in metri di 1 piano fuori terra).
- *Volume edilizio* (V in mc), si considera tutto ciò che è realizzato fuori terra, nel nostro approccio non viene considerato quello che risulta interrato (è calcolato moltiplicando la superficie coperta per l'altezza del singolo edificio).

La lettura integrata di questi componenti di tipo qualitativo e quantitativo permette di analizzare gli edifici che risultano rappresentativi della realtà insediativa di Gorgonzola.



Superficie lorda pavimentata totale per tipo edilizio in mq

4.2 Individuazione dell'epoca di costruzione

L'età di una costruzione ha conseguenze dirette sullo stato dell'edificio, in relazione sia alle scelte dei materiali sia alle tecnologiche proprie del periodo in cui l'edificio è stato realizzato.

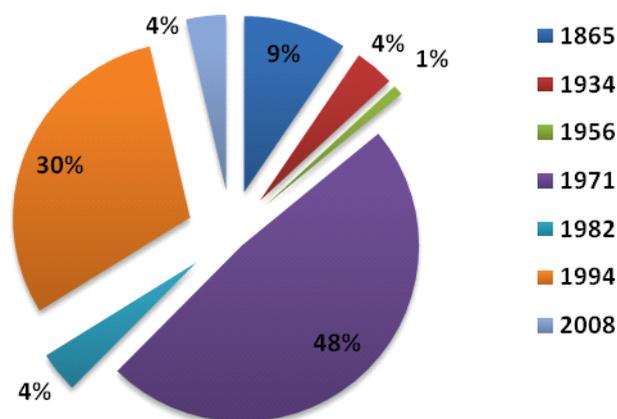
Da alcune ricerche sul caso Lombardo (Ruggieri *et al.*, 2007) è possibile delineare un quadro generale degli edifici esistenti che si discosta parzialmente da quello nazionale soprattutto per l'intensità attraverso cui è avvenuta l'edificazione. Si osserva un forte trend di crescita specialmente dagli anni del dopoguerra (1951-1991) - in linea con i caratteri nazionali - anche se la produzione edilizia in termini quantitativi è stata superiore rispetto alla media nazionale. Tale sviluppo ha visto un freno nell'ultimo decennio, dove prevalgono interventi di riqualificazione dell'esistente.

A causa dell'impossibilità di conoscere l'epoca di costruzione di ogni singolo corpo edilizio esistente l'approccio si è basato sulla ricostruzione delle epoche storiche a partire dall'analisi della cartografia disponibile per Gorgonzola.



Particolare di due mappe storiche utilizzate: Catasto Lombardo-Veneto del 1865 (a destra) e Catasto del 1956 (a sinistra)

Grazie alla possibilità di georeferenziazione delle mappe storiche digitalizzate è stato possibile assegnare un'epoca di costruzione ai diversi edifici esistenti, e successivamente anche un valore di trasmittanza differente a seconda del diverso materiale tipico del periodo storico.



Concentrazione percentuale degli edifici nelle varie epoche storiche

Dai dati disponibili si evince come gran parte del parco edilizio (più del 60%) è comunque anteriore alla legge 373/76, inerente al risparmio energetico. I dati purtroppo non tengono conto dei rinnovamenti edilizi e delle ristrutturazioni, elemento questo importantissimo nella questione energetica. Ovviamente la lettura della città attraverso la rielaborazione delle mappe storiche non mostra la situazione reale ma una sua semplificazione, possedendo pertanto alcuni aspetti critici, dovuti soprattutto alla carenza di dati e di ricerche.

L'approccio consente comunque la costruzione di un database utilizzabile per una lettura complessiva di tutta la città.

4.3 Individuazione della trasmittanza termica per le componenti opache

L'assegnazione dell'epoca di costruzione ha la finalità di individuare la classe di materiale da associare ai complessi edilizi presi in esame per il successivo calcolo del fabbisogno energetico. Il metodo di calcolo utilizzato per la trasmittanza è quello riportato nella norma UNI EN ISO 6946 dove la trasmittanza (U) dipende

dalle resistenze termiche (R), le quali a loro volta dipendono dalla conduttività del materiale (λ). Data l'evidente difficoltà a compiere indagini ad hoc per tutti gli edifici, si è fatto riferimento a ricerche ed analisi già compiute capaci di associare l'epoca di costruzione dell'involucro ai valori di trasmittanza. Infatti, è risaputo che a determinati periodi storici è quanto meno possibile associare le tecniche di costruzione prevalentemente utilizzate e, tramite opportune semplificazioni, anche il materiale edilizio corrispondente.

Questo risulta essere anche l'approccio seguito per la costruzione dell'Abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti (UNI/TS 11300-1, Appendice "B", 2008), in cui vengono fornite indicazioni sulle principali strutture murarie e sulla loro diffusione sul territorio italiano. L'abaco identifica 19 strutture murarie per poi associarvi l'epoca storica e la diffusione geografica prevalente. Le murature sono raggruppate secondo la composizione della sezione della struttura e del materiale, di cui vengono individuati valori relativi allo spessore, alla massa volumetrica (Kg/m^3) e conduttività termica [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$].

Partendo da quest'abaco sono stati definiti i valori medi della trasmittanza termica di ogni struttura applicando alcune semplificazioni ai parametri (come per esempio le direzioni dei flussi termici). Il ricorso a semplificazioni e generalizzazioni è stato necessario data la scala che si intende indagare e la carenza di dati ad essa correlati.

In sintesi, il procedimento seguito per il calcolo delle trasmittanze delle 19 strutture murarie individuate dall'abaco è il seguente:

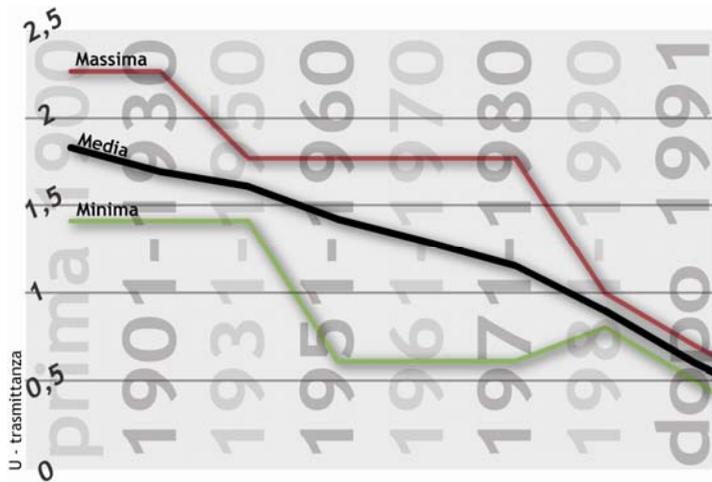
- Definizione dello spessore medio (d) della struttura muraria e conseguente definizione dello spessore medio per ogni materiale componente la struttura, se non già definito dall'Abaco UNI/TS 11300-1.
- Definizione della conduttività termica del materiale (λ), nella maggior parte dei casi l'abaco fornisce il valore preciso per λ , altrimenti si è fatto riferimento ai tabulati ISO in rapporto alla tipologie di materiale ed alla sua massa volumetrica.
- Definizione della resistenza secondo le normative ISO (R).

- Definizione delle resistenze termiche superficiali interne e esterne (R_{Si} e R_{Se}) secondo valori di default indipendentemente dalla giacitura dell'elemento (0,125 e 0,043).

- Calcolo della trasmittanza (U) per ogni struttura muraria.

Una volta ottenuti i valori per la trasmittanza di ogni muratura, sono stati associati a seconda delle epoche storiche così come individuato dall'Abaco della UNI/TS 11300-1.

La semplificazione di alcune indicazioni date dall'abaco consente di tracciare un profilo delle principali caratteristiche relativamente la diffusione geografica delle strutture murarie principali. Dall'aggregazione di queste informazioni è stato possibile individuare la trasmittanza media (U) delle murature per il periodo di costruzione dell'edificio. Dato che l'abaco definisce i valori fino agli anni Ottanta, per gli edifici costruiti negli anni successivi sono stati assunti i valori medi definiti dalla legislazione energetica.



Evoluzione media (con i valori massimi e minimi) della trasmittanza delle superfici opache in Italia per periodo storico redatto partendo dalle informazioni fornite dall'Abaco UNI/TS 11300-1 (Appendice "B", 2008).

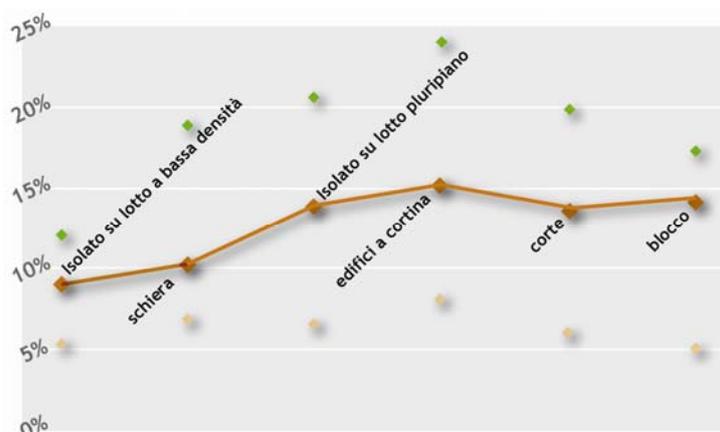
4.4 Individuazione della trasmittanza termica per le componenti trasparenti

Le superfici trasparenti dell'edificio rivestono una certa importanza nella determinazione del fabbisogno energetico. Nei casi di analisi energetica del singolo corpo di fabbrica sono comprese anche le trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio. Data la scala urbana che si intende studiare anche in questo caso è stato inevitabile compiere delle semplificazioni ed aggregazioni rispetto alle metodologie di analisi energetica in essere a livello di singolo edificio. Date queste premesse, l'analisi delle superfici trasparenti ha riguardato: dapprima l'individuazione della percentuale di superficie trasparente rispetto alla tipologia edilizia, cui successivamente sono stati inseriti i diversi valori di trasmittanza per le superfici vetrate (considerando assenti le schermature solari).

Per quanto riguarda l'individuazione della percentuale di superficie trasparente, questa è stata determinata tramite un'analisi di oltre 100 edifici campione attraverso indagini fotografiche per le facciate, appartenenti alle tipologie edilizie precedentemente individuate. Una volta acquisita l'immagine della facciata, questa è stata riportata alla giusta prospettiva tramite programmi di fotoritocco, per inserirla poi sulle facciate degli edifici e calcolare la percentuale di superficie vetrata. Il grafico successivo mostra la superficie media (con i valori massimi e minimi riscontrati) per facciata appartenente alle diverse tipologie edilizie. Ottenute le percentuali di superficie vetrata per tipologia edilizia, sono stati associati i valori di trasmittanza ad essi relativi, facendo riferimento al prospetto C.3 della UNI/TS 11300-1.

tipologia edilizia	media	max	min
Isolato su lotto a bassa densità	09,03%	12,06%	05,52%
Schiere	10,19%	18,61%	07,48%
Isolato su lotto pluripiano	13,84%	21,39%	06,88%
Blocco o Capannone	14,00%	12,00%	05,52%
Corte	13,88%	19,53%	08,56%
Edifici a cortina	15,02%	24,07%	08,75%

Percentuale media di superficie vetrata (con i valori massimi e minimi riscontrati) per facciata appartenente d alle diverse tipologie.



5. Stima del fabbisogno energetico degli edifici esistenti

Integrando il database geografico con le informazioni sul parco edilizio dapprima descritte è stato possibile calcolare il fabbisogno energetico per tipo edilizio.

Come anticipato il calcolo energetico si è basato sull'utilizzo del software CASAnova, attraverso il quale è stato possibile calcolare la domanda energetica di calore per oltre 200 edifici, rappresentativi di circa il 15%-20% di tutte le tipologie edilizie presenti classificati rispetto l'epoca storica di appartenenza. Successivamente i valori medi individuati sono stati associati ai restanti edifici appartenenti alla medesima classe permettendo di stimare la domanda energetica di tutta la città.

Con *fabbisogno energetico* si intende la quantità di energia che un sistema di riscaldamento dovrebbe produrre per mantenere costante la temperatura interna di una costruzione, considerando sia le perdite che i guadagni energetici (bilancio energetico).

Le *perdite energetiche* avvengono quando la temperatura esterna scende sotto una certa soglia rispetto alla temperatura interna, provocando uno scambio di energia tra interno ed esterno, vale a dire attraverso l'involucro e/o le aperture di un edificio. Pertanto, nel caso di perdite di energia, la trasmissione di calore tra le superfici a contatto con l'esterno è una diretta conseguenza del micro-clima esterno e del tipo di materiali componenti l'involucro. Le perdite attraverso il vettore aria sono quelle più variabili: da una parte possono essere generate dal tipo di costruzione dell'edificio stesso e dalle sue aperture; dall'altra sono direttamente influenzate dal comportamento del fruitore nell'utilizzare le aperture.

I *guadagni energetici* sono generalmente quelli derivanti dall'irradiazione solare che penetra attraverso le superfici trasparenti dell'involucro, riscaldando l'aria interna; vi sono poi altri apporti determinati dal calore sprigionato dagli elettrodomestici o altre apparecchiature, piuttosto che dalla nostra presenza stessa nell'edificio, che provocano apporti di calore non trascurabili.

Come vedremo, il software a cui si è fatto ricorso consente di considerare questi aspetti, sebbene siano state necessarie alcune semplificazioni parametriche al fine di ottenere una metodologia di calcolo estendibile all'intero territorio urbano.

6. Individuazione delle classi energetiche edilizie

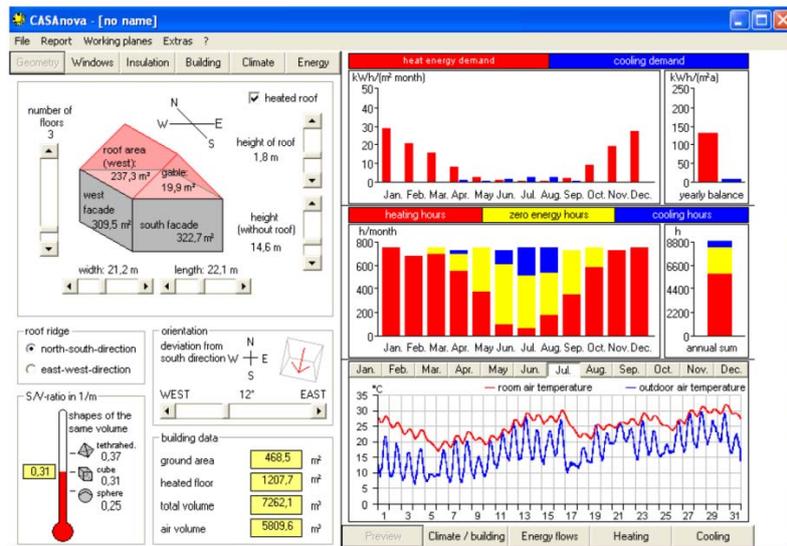
Successivamente alla suddivisione di tutto il parco edilizio in 7 tipi edilizi sono stati definiti alcuni parametri medi, associando ad ogni involucro anche l'epoca di costruzione, consentendo di ottenere una matrice che ha posto in relazione l'epoca storica con la tipologia edilizia. La matrice considera unicamente le cinque classi tipologiche connessi agli edifici residenziali.

Una volta classificati gli edifici secondo questa matrice, è stata calcolata la domanda energetica di ogni campione appartenente all'epoca storica definita, a cui sono state associate le caratteristiche tecnologiche dell'epoca di appartenenza, differenziate per la trasmittanza termica delle componenti opache e trasparenti.

Il calcolo energetico è quindi avvenuto su un campione rappresentativo di quella particolare epoca storica e tipo edilizio (c.a. 200), tenendo conto della localizzazione dell'edificio, parametro comunque caratterizzante la tipologia edilizia di appartenenza. Una volta individuati i campioni rappresentativi delle 32 classi presenti nella città di Gorgonzola, è stata calcolata la domanda energetica tramite il software CASAnova.

6.1 Metodologia di calcolo

Il metodo CASAnova assegna automaticamente i valori climatici calcolati sulle medie mensili della temperatura esterna, consentendo di definire come periodo di riscaldamento il periodo in cui la temperatura media mensile esterna scende al di sotto di una particolare soglia di riferimento, nel nostro caso 20° C.



Screenshot del software CASAnova

Il **fabbisogno energetico** (E_{risc}) permette la stima del bilancio energetico invernale in base gli apporti di calore (E_a) e le perdite (E_p):

$$E_{risc} = E_p - E_a$$

Le perdite E_p sono definite dalla sommatoria delle perdite dovute alla trasmissione delle superfici esterne (P_f) e alla trasmissione per ventilazione (P_v). Gli apporti di calore sono definiti dalla somma dell'energia proveniente dalla radiazione solare (G_s) e il calore disperso dagli occupanti e dalle varie apparecchiature domestiche (G_j) durante il periodo di riscaldamento.

Sebbene il software consenta di stimare tali flussi energetici, dato l'obiettivo di analizzare il comparto edilizio esistente attraverso un approccio per campioni, è stato necessario semplificare l'assegnazione di alcuni parametri:

- **Geometria ed orientamento** - in primo luogo sono state compiute delle semplificazioni nei riguardi della geometria e dell'orientamento dell'edificio: per ogni edificio campione sono stati inseriti i valori maggiormente rappresentativi della geometria dell'involucro (numero di piani, larghezza, altezza, altezza in metri) oltre che i parametri di compattezza (Sf/V) caratterizzanti il tipo edilizio; si è ipotizzato un orientamento costante degli edifici pari a 45° ovest.
- **Apporti interni** ($E_j = q_{i,a} \cdot E_u$) - gli apporti interni di calore sono soprattutto dovuti al metabolismo degli occupanti ed al calore generato dalle apparecchiature elettriche. Nella metodologia applicata si è utilizzato un indice di apporto di calore totale durante il periodo di riscaldamento per unità di superficie utile, definendo il coefficiente $q_{i,a}$ pari a 25kWh/m². L'area utile, come anche il volume utile, è definito dall'area, e volume, totali, moltiplicati per un fattore di 0.8 definito automaticamente

dal software CASAnova.

- **Apporti solari ($E_s = \sum I_{i,s} \cdot \sum (F_{s,j} \cdot F_{o,j} \cdot F_{c,j} \cdot g_j \cdot A_i)$):** gli apporti dovuti alla radiazione solare sono in primo luogo definiti dalla radiazione solare ($I_{i,s}$) incidente su una superficie trasparente i con esposizione s espressa in kWh/m². L'area A_i esprime la superficie trasparente lorda, definita secondo quanto evidenziato nelle pagine precedenti. Vi sono poi alcuni fattori di riduzione, dovuti alla geometria del serramento identificato o ad elementi di ombreggiamento nell'ambiente circostante. $F_{s,j}$ identifica il fattore di riduzione dovuto al telaio del serramento, differenziato per periodo storico. $F_{o,j}$ identifica possibili elementi di ombreggiatura orizzontale posti in corrispondenza delle superfici trasparenti; in questo approccio si considera la presenza di elementi di ombreggiatura uguale per tutti i campioni studiati ipotizzando una riduzione del 20%. $F_{c,j}$ rappresenta l'ombreggiamento causato da edifici o altri elementi presenti nell'ambiente che circonda la facciata, anche in questo caso ipotizzando un valore medio (riduzione del 20%). g_j definisce la trasmittanza di energia solare di una superficie trasparente, che dipende dal materiale utilizzato e differenziato per periodo storico.

Per ogni classe di appartenenza dell'edificio (secondo la matrice tipologia-epoca storica) sono stati associati i corrispettivi valori di trasmittanza termica delle pareti trasparenti, in particolare assegnando agli edifici precedenti agli anni '70 il vetro singolo ($U=5,8\text{W/m}^2\text{K}$) mentre per quelli degli anni seguenti il vetro doppio ($U=3\text{W/m}^2\text{K}$). Per quanto riguarda gli apporti termici sulle chiusure opache è stato considerato un fattore medio di assorbimento solare del componente opaco pari a 0,6, desunto dalla UNI 11300 a causa dell'impossibilità di definire il colore della facciata per ogni singolo edificio.

- **Perdite per trasmissione ($E_{pt} = HDH \cdot \sum(U_e \cdot A_e \cdot \eta_g)$):** le perdite per trasmissione sono definite dalla sommatoria della conduttività termica (U_e) per la superficie dell'elemento a contatto con l'esterno (A_e). Sono stati ipotizzati valori di trasmittanza diversa delle murature per classe di età dell'edificio, come precedentemente evidenziato. Tra le perdite per trasmissione sono da considerare anche quelle riguardanti i ponti di calore, la prassi ha però mostrato che questa definizione porta ad una sovraestimazione delle perdite da parte dei ponti di calore, soprattutto nelle costruzioni più recenti dove lo standard di costruzione è più alto. Pertanto una semplificazione adottata è stata quella di aumentare di 0.05 W/m²K il coefficiente di trasmissione delle superfici esterne, assumendo così un certo standard nell'esecuzione della costruzione.
- **Perdite per ventilazione ($E_{pv} = c_a \cdot \eta_a \cdot V_u \cdot GG$):** le perdite per ventilazione sono definite dalla portata d'aria di rinnovo perso per unità di tempo (η_a) sul volume utile totale (V_u), considerando la capacità termica volumica dell'aria (c_a). Ovviamente, la portata del rinnovo dipende soprattutto dall'iterazione che gli abitanti hanno con le aperture dell'edificio, che può dunque avere notevoli

variazioni caso per caso, per semplicità in questa sperimentazione il lavoro η_a è stato considerato costante a 0.6 h^{-1} .

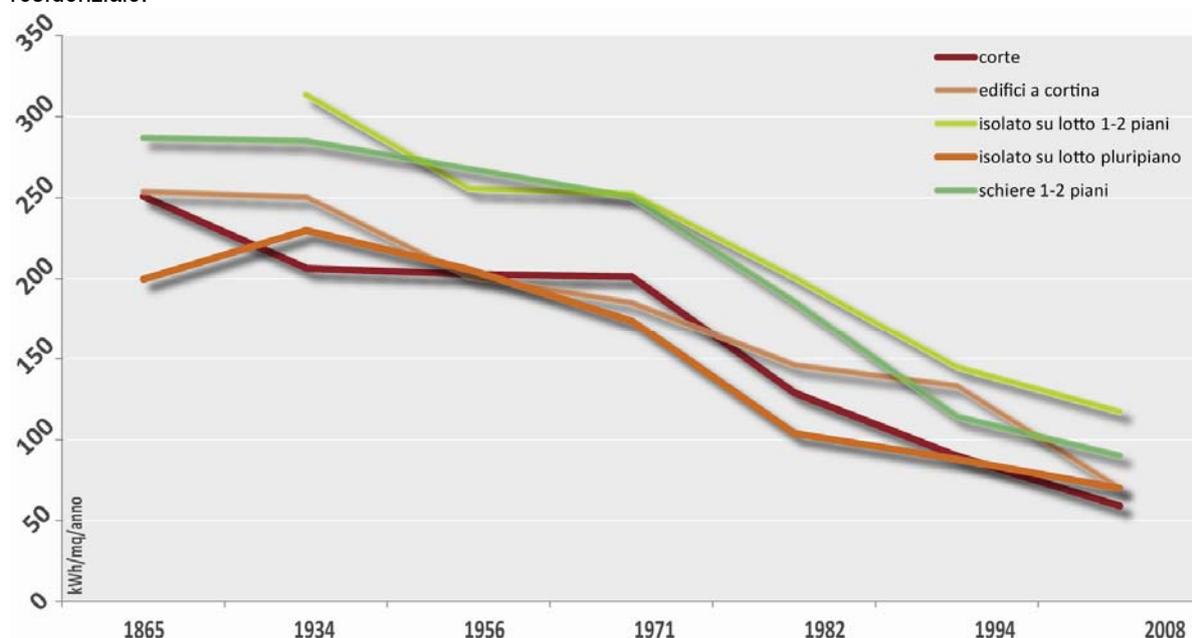
7. Esiti dell'indagine

La sperimentazione del metodo consente di calcolare il fabbisogno energetico per circa 200 edifici prevalentemente residenziali rappresentativi delle 32 classi triplogia-epoca identificate nella città di Gorgonzola.

	corte	edifici a cortina	isolato su lotto 1-2 piani	isolato su lotto pluripiano	schiere 1-2 piani
epoca	kWh/mq/anno media	kWh/mq/anno media	kWh/mq/anno media	kWh/mq/anno media	kWh/mq/anno media
1865	250	253	n.p	200	287
1934	206	250	313	230	285
1956	n.p	201	255	205	268
1971	201	185	252	174	250
1982	129	146	201	104	186
1994	n.p	133	145	88	114
2008	59	70	117	69	90

Valori medi di fabbisogno energetico per riscaldamento (in kWh/mq/anno) calcolati sui campioni analizzati, definiti a seconda il tipo edilizio e l'epoca storica

Una volta individuati i valori medi per ogni classe edilizia sono stati associati a tutti gli edifici appartenenti alla medesima classe, ottenendo quindi i fabbisogni energetici medi (MWh/anno) dell'intero patrimonio edilizio residenziale.



Fabbisogno medio per tipo edilizio ed epoca storica

Partendo dalle informazioni disponibili per ogni campione analizzato è stato possibile definire per tutto il comparto edilizio esistente il fabbisogno energetico medio in kWh/mq/anno per ogni edificio, evidenziando le

performance delle diverse tipologie edilizie.

Per quanto riguarda le tipologie edilizie, si osserva che quelle maggiormente compatte (“isolato su lotto pluripiano” e “corte”) si caratterizzano per un valore minore di fabbisogno annuale di calore (in kWh/mq/anno) rispetto alle altre tipologie.

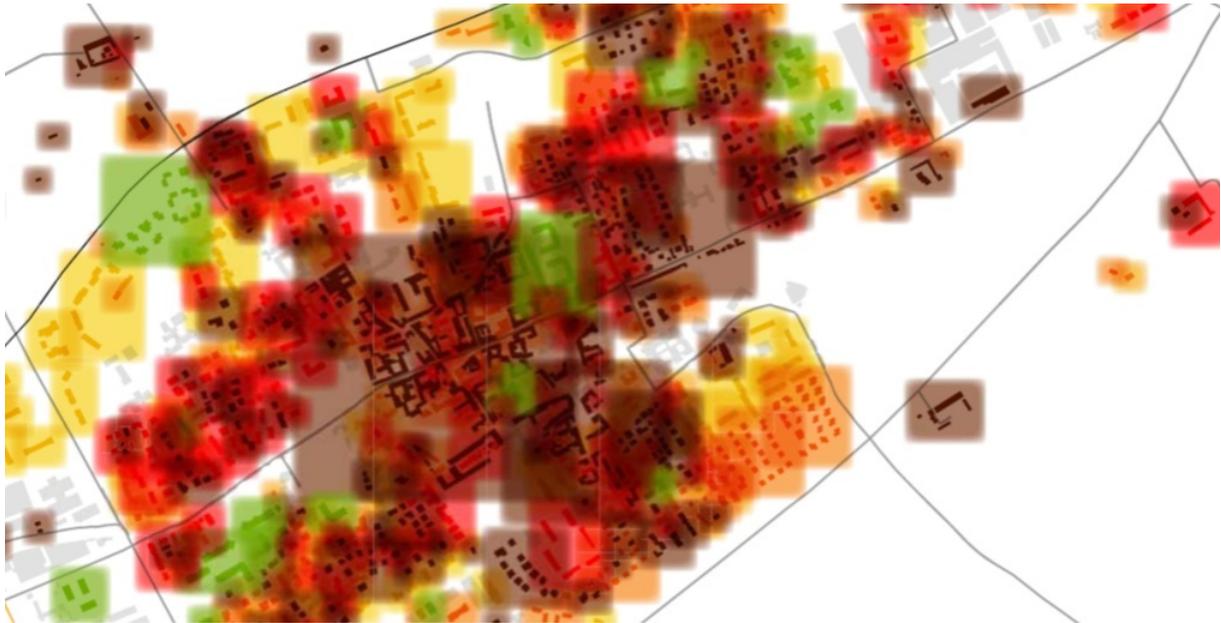
La “corte” appare come la più performante, seguita dall’“isolato su lotto pluripiano” e dalle “schiere”: per le prime si osservano i vantaggi energetici offerti dalla compattezza della forma, sebbene gran parte dei complessi edilizi risultino costruiti anteriormente agli anni '70 (65%); mentre per le seconde la minor compattezza è temperata dai parziali vantaggi derivanti dalle migliori tecniche costruttive ipotizzate, dal momento gli edifici risultano prevalentemente costruiti successivamente agli anni '90 (circa il 42% degli edifici).

Le mediocri caratteristiche edilizie delle tipologie a bassa densità (“isolato su lotto a 1-2 piani” e “edifici a cortina”) possono spiegarsi sia per la minor compattezza registrata per queste tipologie, sia per la vetustà di questi edifici. In particolare, la richiesta energetica media (in kWh/mq/anno) stimata per la tipologia “edifici a cortina”, è motivata dalla maggior vetustà degli edifici appartenenti a questa tipologia (circa il 43% risulta anteriore al 1865) sebbene la presenza di una (o più) pareti in comune contribuisca alla riduzione delle perdite energetiche. Per quanto riguarda l’“isolato su lotto a 1-2 piani” la forma non consente adeguate performance energetiche, sebbene quasi il 50% degli edifici risultano costruiti posteriormente agli anni '90.



Fabbisogno energetico medio (classi energetiche) per tipo edilizio in kWh/mq/anno (a sinistra) e MWh/anno (a destra).

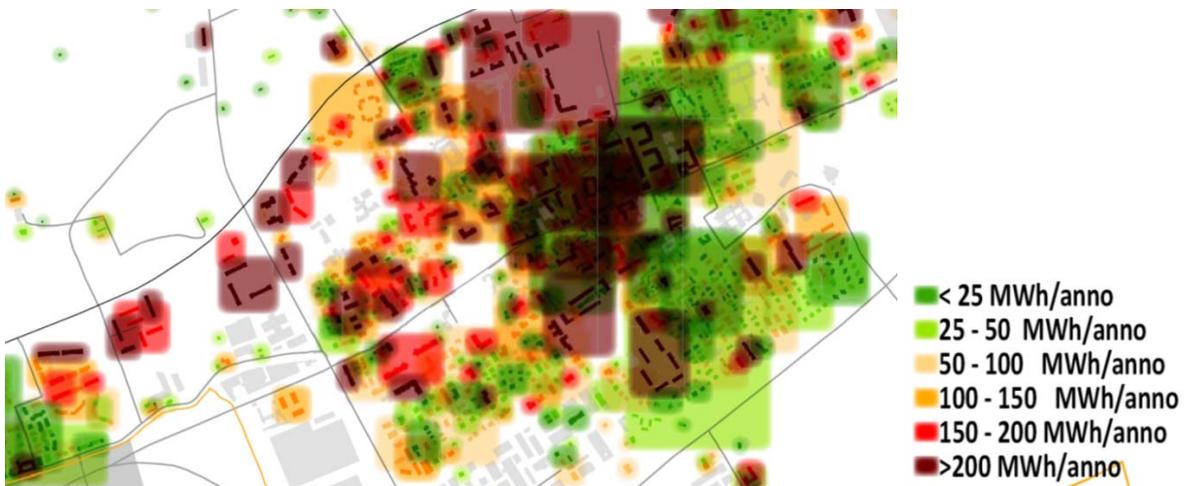
Dai dati medi desunti per tipologia edilizia si osserva l’importante influenza del fattore forma sulla domanda energetica, che incide notevolmente sul bilancio energetico del parco edilizio esistente. Emerge, altresì, che le caratteristiche edilizie non consentono ancora di sopperire alle carenze derivanti dalla forma degli edifici, che continuano a possedere alte richieste energetiche, a causa del generale livello di vetustà in cui si trovano gli involucri considerati.



- >60 e <70 kWh/mq/anno
- <90 kWh/mq/anno
- <120 kWh/mq/anno
- <160 kWh/mq/anno
- <200 kWh/mq/anno
- >200 kWh/mq/anno

Particolare delle distribuzioni medie del fabbisogno energetico in città (in kWh/mq/anno)

Grazie alle informazioni geometriche della base cartografica integrata con le altezze, è stato possibile stimare per ogni edificio la slp riscaldata, ipotizzandola pari all'80% della slp calcolata. Una volta definito questo parametro è stato quindi possibile definire le aree che si caratterizzano per maggiore o minore fabbisogno energetico.



- < 25 MWh/anno
- 25 - 50 MWh/anno
- 50 - 100 MWh/anno
- 100 - 150 MWh/anno
- 150 - 200 MWh/anno
- >200 MWh/anno

Particolare della localizzazione dei consumi energetici (in MWh/anno)

