



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dottorato in Energia E Tecnologie dell'Informazione – Indirizzo Fisica Tecnica  
D.E.I.M. - Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici  
Settore Scientifico Disciplinare ING-IND/11

***STRUMENTI E PRATICHE DI PIANIFICAZIONE  
ENERGETICA VERSO LE SMART CITIES -  
Proposta di Strumenti Regolamentari, Metodologici e  
Considerazioni Progettuali.***

IL DOTTORE  
**Ing. VALENTINA VACCARO**

IL COORDINATORE  
**Prof. MARIA STELLA MONGIOVI'**

IL TUTOR  
**Prof. GIANLUCA SCACCIAOCE**

IL CO-TUTOR  
**Prof. ELEONORA RIVA SANSEVERINO**

CICLO XXIX  
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2016



## INDICE

<b>Prefazione .....</b>	<b>7</b>
<b>Struttura della tesi .....</b>	<b>13</b>
 <b>PARTE I - SMART CITIES: PANORAMICA GENERALE .....</b>	
<b>19</b>	
<b>Capitolo 1 - Politiche.....</b>	<b>21</b>
1.1 Le politiche ambientali a livello mondiale .....	21
1.2. Le politiche ambientali europee.....	24
1.3 Gli Enti Locali nelle politiche europee .....	25
<b>Capitolo 2 – Il coinvolgimento degli Enti Locali nel quadro della politica energetica sovralocale: esperienze in Sicilia .....</b>	<b>30</b>
2.1. Indirizzi e strategie .....	30
2.1.1 Energia nelle Madonie: piani e interventi .....	34
2.1.2 Il quadro europeo: il Patto dei Sindaci .....	37
2.1.3 Il percorso intrapreso dalla città di Palermo: le fasi di redazione del PAES .....	38
2.1.2.1 Azioni e interventi .....	40
<b>Capitolo 3 – Definizioni e classificazioni di smart cities .....</b>	<b>42</b>
3.1. Il successo delle iniziative smart cities ed alcune criticità allo sviluppo .....	42
3.2 La classificazione delle <i>smart city</i> e gli indicatori di smartness .....	46
3.3 Una nuova proposta per la classificazione delle città .....	54
 <b>PARTE II - APPROCCI ALLA PIANIFICAZIONE DELLE SMART CITIES .....</b>	
<b>61</b>	
<b>Capitolo 4 – Territorio: riflessioni su forma urbana, energia e pianificazione di distretto .....</b>	<b>63</b>
4.1 Morfologia e sistema urbano .....	63
4.2 L’approccio sistemico a scala urbana .....	68
4.2.1 Sistemi energetici di quartiere e l’interazione con i sistemi di produzione di energia.....	70
4.2.2 Il microclima urbano e la sua connessione alla domanda di energia.....	71
4.2.3 Morfologie, geometrie e modelli urbani a zero emissioni: il caso della città di Masdar.....	72
4.3 L’interdipendenza dei parametri urbani nell’approccio sistemico.....	75
<b>Capitolo 5. Infrastrutture urbane: la smart city come città dei servizi.....</b>	<b>78</b>
5.1 Le infrastrutture fisiche e le infrastrutture immateriali nella città intelligente .....	78
<b>Capitolo 6. Infrastrutture: la città dei servizi e le infrastrutture fisiche.....</b>	<b>83</b>

6.1 Infrastrutture fisiche urbane .....	83
6.2 Hubs energetici e distretti urbani.....	87
6.2.1 Esempi di distretti configurati sulla base del concetto di Hub energetico .....	90
6.3 Città con preesistenze: l’approccio di pianificazione di distretto attraverso layer infrastrutturali.....	93
6.4 Città di nuova costruzione: l’approccio di pianificazione di distretto della città che utilizza i layers .....	96

**Capitolo 7 - Infrastrutture: pratiche di condivisione, servizi dematerializzati e nuove infrastrutture immateriali .....** **100**

7.1. Comunicazione e condivisione nelle smart cities.....	100
7.2. Le Mobile Apps e cittadini come “strumenti abilitanti” per servizi dematerializzati .....	103
7.3 Le nuove frontiere della condivisione urbana: dalla sharing mobility alla condivisione dei servizi energetici. ....	109

**PARTE III- STRUMENTI PER LE INFRASTRUTTURE IMMATERIALI NELLA PIANIFICAZIONE INTELLIGENTE .....** **117**

**Capitolo 8 - Il regolamento edilizio come infrastruttura immateriale di pianificazione intelligente.....** **119**

8.1 Introduzione .....	119
8.2 Panoramica europea sui regolamenti edilizi nazionali e regionali .....	122
8.3 Struttura dei regolamenti edilizi sostenibili in Italia.....	126
8.4 Contenuti dei RE sostenibili in Italia.....	129
8.4.1 Lo strumento degli incentivi e le “premierità” previste nei Regolamenti Edilizi comunali.....	131
8.5 La definizione di Linee Guida per la revisione del Regolamento Edilizio comunale in chiave sostenibile.....	134
8.6 Il caso della Regione Siciliana: le fasi per l’elaborazione di Linee Guida regionali per l’aggiornamento sostenibile dei Regolamenti Edilizi esistenti.....	135
8.6.1 L’analisi dell’attuale normativa di settore inerente l’efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile nella Regione Siciliana .....	138
8.6.2 Il riferimento scientifico per l’elaborazione di requisiti prestazionali migliorativi rispetto alla normativa cogente .....	139
8.6.3 Nuovi paradigmi di pianificazione di distretto nei regolamenti edilizi	141
8.7 Proposta di Linee Guida per la redazione dell’Allegato Energetico ai regolamenti edilizi Comunali per la Regione Siciliana .....	145

**Capitolo 9 - L’analisi delle prestazioni energetiche degli edifici come strumento base per la definizione di Regolamenti Edilizi Sostenibili.....** **157**

9.1 Introduzione .....	157
9.2 Analisi delle prestazioni energetiche sulla base del confronto tra dati di consumo calcolati e misurati .....	159

9.2.1 Gli strumenti analizzati per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici .....	160
9.2.2. Applicazione della metodologia per il confronto tra consumi stimati e misurati .....	166
9.2.3 Caratterizzazione del campione analizzato .....	169
9.2.4. Stima dei consumi energetici annui: DOCET, UNI TS 11300, Design Builder, bollette energetiche .....	172
9.3 Metodologie per la classificazione di stock di edifici esistenti: breve analisi .....	179
9.4 La classificazione architettonico-energetica degli edifici a scala di distretto: un caso studio .....	181
9.4.1 La metodologia applicata .....	181
9.4.2 Caratterizzazione dell’edilizia del distretto analizzato e applicazione della metodologia .....	184
9.4.3 L’utilizzo della metodologia nella valutazione energetica del distretto per il settore edilizia .....	189
9.5 Conclusioni.....	192

## **PARTE IV- LE INFRASTRUTTURE FISICHE NELLA PIANIFICAZIONE INTELLIGENTE: ANALISI, STRUMENTI E PROGETTI ..... 193**

<b>Capitolo 10 – Integrazione d’impianti da fonte rinnovabile nel sistema energetico delle piccole isole: applicazione all’isola di Pantelleria .....</b>	<b>195</b>
10.1 Introduzione.....	195
10.2 Le politiche europee per le piccole isole .....	196
10.3 Criticità del sistema energetico delle isole .....	197
10.4 Metodologia d’analisi preliminare per valutare l’integrazione di impianti da FER nel territorio.....	198
10.4.1 Analisi del sistema insulare di Pantelleria: sistema fisico, biologico antropico e della produzione di energia .....	202
10.4.2 Analisi delle funzioni energivore e del fabbisgno energetico dell’isola .....	207
10.4.3 La centrale e il sistema elettrico dell’isola .....	212
10.5 Analisi di alcuni parametri sensibili nell’inserimento di impianti FER nel sistema isola .....	213
10.5.1 Fattibilità tecnica .....	213
10.5.2 Fattibilità politico - economica.....	215
10.5.3 Contesto culturale.....	216
10.5.4 Contesto paesaggistico - ambientale .....	218
10.6 Definizione di scenari progettuali.....	218
10.6.1 Scenario 1: Solare .....	218
10.6.2 Scenario 2: Eolico .....	222
10.6.3 Scenario 3: Geotermico.....	228
10.7 Conclusioni.....	233

<b>Capitolo 11- Illuminazione pubblica e riqualificazione energetica: un progetto per il comune di Valledlunga (CL) .....</b>	<b>235</b>
11.1 Possibili settori d'intervento nella pianificazione smart: panoramica europea .....	235
11.2 Lo sviluppo smart nei piccoli comuni italiani .....	237
11.3 Esempio di retrofit per la pubblica illuminazione del comune di Valledlunga .....	238
11.3.1 Valutazione tecnica .....	238
11.3.2 Valutazione economica .....	242
11.4 Conclusioni .....	244
<b>Capitolo 12 - Hub energetico distrettuale e microgrids: pianificazione di distretto.....</b>	<b>246</b>
12.1 Introduzione .....	246
12.2 Microgrid versus Hub energetico urbano .....	248
12.3 Approcci e strumenti per la pianificazione di Hubs energetici urbani.....	252
12.3.1 Politica .....	253
12.3.2 Analisi.....	253
12.3.3 Software di progettazione e ottimizzazione del funzionamento dei sistemi .....	257
12.4 Metodologia di pianificazione integrata: applicata a due distretti siciliani	260
12.4.1 Definizione di parametri urbanistici ed energetici per il distretto .....	261
12.4.2 Simulazione dei carichi termici ed elettrici per gli edifici archetipo..	264
12.4.3 Simulazione del settore mobilità.....	265
12.4.4 Simulazione e ottimizzazione per i distretti .....	269
12.5 Applicazione .....	269
12.5.1 L'analisi urbanistico-energetica dei distretti .....	270
12.5.2 Simulazione ed ottimizzazione: gli Scenari .....	277
12.5.3 La mobilità e gli effetti delle politiche di gestione della domanda di viaggio e della ricarica intelligente dei veicoli elettrici sul picco di domanda di energia elettrica.....	289
12.6 Conclusioni .....	291
<b>Considerazioni e sviluppi futuri .....</b>	<b>293</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>295</b>

## Prefazione

Il termine Smart Cities è ormai di uso comune e diffuso nei paesi sviluppati (America ed Europa in primis) quanto nei Paesi emergenti, Asia (Cina, India) ed Emirati Arabi. Nel contesto internazionale, risulta però difficile individuare una definizione univoca di ciò che si intende per “*smart city*” (Pardo e Nam, 2011). La letteratura scientifica a riguardo, molto prolifica negli ultimi anni (Cocchia, 2014a), evidenzia il carattere tecnologico/digitale e al contempo sociale, di tale aggettivo cadendo spesso nell’identificazione di “definizioni etichetta” prive di un reale significato.

Come verrà esposto dettagliatamente nello sviluppo della tesi, ci sono dei punti cardine che hanno guidato la nascita del concetto di *smart city* e che, superando le mode, rimangono centrali allo sviluppo dell’obiettivo di sviluppare “realità intelligenti”.

La prima nota che deve essere fatta a riguardo è che il concetto di *smart city* nasce come risposta funzionale alla gestione e allo sviluppo degli ambienti urbani che, a oggi, si trovano interessati da una forte pressione antropica generata da una crescente urbanizzazione; i dati riportati nel documento UN-Habitat 2013, infatti, mostrano che nel 2012, la popolazione mondiale residente nei centri urbani era pari al 54%, mentre era solo del 30% nel 1950; si calcola che per il 2050, la percentuale salirà fino al 66%.

In risposta a ciò, la Comunità Europea, attraverso finanziamenti e fondi per la ricerca e l’implementazione di progetti smart, sta promuovendo, in linea con il programma SET-Plan<sup>1</sup>, una visione di sviluppo urbano che si delinea attraverso quattro ambiti d’azione (efficientamento degli edifici, basso consumo energetico per riscaldamento e raffrescamento, uso e produzione efficiente dell’energia elettrica, trasporti locali informatizzati e a basso impatto ambientale), che hanno come obiettivo principale la riduzione dei gas serra e dell’utilizzo di risorse.

La visione della città *smart* promossa dall’UE, quindi, è una visione strettamente sostenibile e *green* che, comunque, rimane centrale in tutte le definizioni, comprese quelle accademiche.

A livello accademico, il concetto si completa assumendo significati più ampi ed eterogenei; si passa infatti da definizioni più sommarie, che individuano la città *smart* semplicemente come una città che sia capace di aumentare la qualità di vita dei propri cittadini, indipendentemente da quali strumenti e tecnologie utilizzi nello specifico (Giffinger et al., 2007), a definizioni che esaltano più il carattere digitale (desunte dalla letteratura dei report dei grandi player tecnologici) e che fanno

---

<sup>1</sup> Il SET-Plan, adottato dall’Unione Europea nel 2008, è lo strumento di supporto principale decisionale per la politica energetica europea, tra gli intentivi è quello di promuovere strumenti per raggiungere gli obiettivi energetici fissati dall’UE al 2020 e al 2050. <https://setis.ec.europa.eu/about-setis/set-plan-governance>.

riferimento a specifiche iniziative o infrastrutture (Between, 2013; Washburn & Sindhu, 2010), a definizioni che esaltano maggiormente quello che viene chiamato *human capital*, cioè il taglio sociale e partecipativo di questo nuovo modo di pensare le città, oltre che le forme di partenariato pubblico-privato. Secondo questo filone pianificatorio, le ICT diventano uno strumento per fornire servizi e aumentare la qualità della vita dei cittadini ma la *smart city* non necessariamente si traduce in una città iper-tecnologica, (Caragliu et al., 2009; Schipany, 2013).

In generale, grande rilievo viene dato alle infrastrutture che, secondo quanto evidenziato dal modello a layers di “Comunità *Smart*” proposto nel 2014 dall’Organizzazione Internazionale di Standardizzazione nella ISO/TR 37150:2014 (Tab. 1), sono alla base della struttura gerarchica che struttura la Comunità *Smart* che è schematizzata attraverso tre ambiti: servizi, strutture ed infrastrutture.

Tabella 1. *Struttura a layers della Comunità Smart (International Standard Organization, 2014,b)*

Layers	Esempi di funzioni
Servizi locali	Istruzione, sanità, sicurezza pubblica, turismo, etc
Strutture locali	Edifici commerciali, edifici per uffici, fabbriche, ospedali, scuole, strutture ricreative, etc
Infrastrutture locali	Energia, acqua, trasporti, rifiuti, ICT, etc

Secondo tale schema, le infrastrutture, siano esse fisiche o immateriali<sup>2</sup>, si presentano come strumento abilitante attraverso cui offrire nuovi servizi che aumentino l’efficienza dei contesti urbani e migliorino la qualità della vita dei cittadini. La norma, che in quanto normativa tecnica fa riferimento solo alle infrastrutture fisiche, pone l’obiettivo di ottimizzare la gestione dei servizi presenti e di indirizzarne lo sviluppo sfruttando anche l’interoperabilità delle varie infrastrutture attraverso l’utilizzo di tecnologie oramai mature come quelle dell’ICT (reti di sensori, sistemi di trasmissione dati, oggetti connessi alla rete, etc.).

Altro elemento distintivo del concetto di *smart city* è legato alla sua scala locale.

La difficoltà di definire univocamente il concetto è data principalmente dal fatto che lo sviluppo delle iniziative *smart* risulta molto legato alla scala locale e quindi al territorio. L’ambito d’intervento locale rende l’approccio differente in base alle caratteristiche proprie del contesto territoriale, politico, culturale ed economico, sul

<sup>2</sup>Le infrastrutture fisiche urbane si riferiscono a tutte quelle reti fisiche che permettono lo svolgersi della vita all’interno del sistema urbano, le infrastrutture immateriali, invece, fanno riferimento alla sfera decisionale e alle idee che strutturano la comunità e che si manifestano tradizionalmente in tutti quegli strumenti regolatori e norme che definiscono i principi fondanti della stesse (per approfondire tali concetti si veda la Parte II della presente trattazione). Con l’avvento di internet e delle ICT rientrano tra le infrastrutture immateriali anche quelle virtuali, intendendo con ciò l’insieme di reti e dispositivi che permettono di offrire ai cittadini un servizio comunitario (per approfondire questo aspetto di veda il Cap. 6 della presente trattazione).



quale si agisce. Se si paragonano, per esempio, città europee (come ad esempio Amsterdam e Copenaghen), con una lunga storia alle spalle, con vincoli e risorse specifiche, con città dei Paesi emergenti (come ad esempio Masdar city), spesso di nuova progettazione, ci si accorge subito come le risposte ed i problemi da affrontare per il raggiungimento del concetto di *smart city* siano variamente declinabili e molto diverse.

Soprattutto in Italia, dove il potere amministrativo decentrato demanda la pianificazione urbana agli Enti Locali, il fenomeno *Smart city* è gestito dai singoli comuni che, a seguito d’iniziative di finanziamento comunitario, puntano a raggiungere obiettivi locali a seconda delle specificità del territorio, sviluppando progetti spesso legati solo ad alcuni dei tradizionali ambiti della *smart city*<sup>3</sup> (Cocchia, 2014b).

La scala locale influenza anche il carattere di pianificazione urbana *bottom-up* della *smart city*. Le iniziative di maggior successo, infatti, vedono una forte collaborazione tra pubblico e privato, intendendo con ciò il coinvolgimento dei cittadini e delle aziende locali, sia nella sfera decisionale del processo pianificatorio che nella fase attuativa e di sviluppo di un determinato servizio.

Secondo quanto brevemente esposto, quindi, essendo i contesti urbani fortemente e diversamente caratterizzati dal punto di vista territoriale, normativo e culturale, è realistico pensare che possano esistere tante combinazioni di azioni *smart* quante sono le variabili di contesto di una determinata città (Dameri, 2014).

Inquadrandolo il concetto all’interno di un confine che è quello delle politiche urbane per lo sviluppo e la gestione delle città (Dameri & Sabroux, 2014), e non strettamente quello delle azioni che una città deve portare avanti per svilupparsi in maniera intelligente, possono essere individuate le componenti prioritarie entro cui il concetto di pianificazione smart si delinea e che ne distinguono i fattori fondamentali (Dameri, 2014; Cocchi, 2014 b; Manville et al., 2014):

- Territorio. La conoscenza del territorio e delle caratteristiche specifiche della città offre la base per l’individuazione delle criticità e delle risorse della stessa e quindi per la definizione delle azioni pianificatorie (Cocchia, 2014b; Dameri, 2014); la pianificazione intelligente deve quindi partire da una profonda analisi del contesto da pianificare. Nuove metodologie e strumenti per l’analisi del contesto, possono essere strumenti utili alle Amministrazioni Locali che si avvicinano alla pianificazione *smart*;

---

<sup>3</sup>Il primo strumento di valutazione del livello di smartness delle città, che ha segnato l’inizio di una transizione verso un nuovo modello di “pianificazione intelligente”, è stato quello elaborato nel 2007 dal Politecnico di Vienna, in collaborazione con l’Università di Lubiana e il Politecnico di Delft, il “Ranking of European medium-sized city” (Giffinger et al., 2007). Tale studio è stato il primo ad individuare gli ambiti urbani in cui la *Smart City* impatta significativamente sulla creazione di valore socio-economico (smart economy; smart mobility; smart people; smart environment; smart living; smart governance), diventando, così il riferimento quasi univoco, per l’individuazione degli ambiti che definiscono la *smart city*.

- Infrastrutture. Poste alla base della scala dei servizi, sono i layers su cui agire per la pianificazione *smart* del territorio. La sostenibilità, che mira anche alla gestione oculata delle risorse della città attraverso un monitoraggio delle sue infrastrutture critiche e la massimizzazione dei servizi per i suoi cittadini (Dameri, 2014; Nam & Pardo, 2011), vede nell’ICT uno degli strumenti abilitanti per lo sviluppo d’infrastrutture fisiche che siano multi servizio ed interoperabili; infrastrutture immateriali di governance del territorio (e.g regolamenti edilizi), espressione di una pianificazione dall’alto, possono invece definire le linee di sviluppo *smart* del territorio;
- Persone. I cittadini della città *smart* sono contemporaneamente fruitori e abilitatori di nuovi servizi (Cocchia, 2014). La partecipazione attiva nei processi di governance e nella gestione e fruizione di specifici servizi esprime il carattere sociale della *smart city* (Caragliu et al., 2009; Dameri, 2014; Conroy & Cowley, 2006). L’*human factor* di un progetto o di un iniziativa, definito dall’UE come presenza di capitale sociale ed “infrastrutture umane” (intese come reti tra cittadini), diventa un valido elemento per il successo delle azioni pianificate;
- Governo/istituzioni. Dal dibattito internazionale (Puentes, Tomer, 2014), si evince come le città in generale dovrebbero programmare la loro visione *smart* senza l’aspettativa di assistenza pubblica nazionale. In Europa, infatti, la combinazione di misure di austerità e la crescita lenta delle economie nazionali spesso individuano le città come l’investitore più capace. *Smart cities* saranno quindi quelle che riusciranno a sfruttare la potenza della tecnologia per portare la loro visione di sviluppo a compimento; è in riferimento a ciò che le politiche, i progetti, i finanziamenti e gli strumenti pianificatori a scala locale assumono sempre più rilievo nel raggiungimento di uno sviluppo *smart*.

Le città e i territori sono strutture complesse in cui ambiente, attività umane e processi di evoluzione urbana sono sempre connessi e reciprocamente influenzati. In più, le tecnologie disponibili, ad oggi, aumentando la comunicazione e lo scambio di dati, ampliano lo spazio urbano e riducono contestualmente le distanze (Chourabi et al., 2012). Ciò si manifesta sia che si parli di distanze fisiche tra persone che di distanze intese come differenze, ad esempio tra infrastrutture. Per esempio, l’esponentiale crescita degli archivi geografici digitali e della multi-attorialità nelle dinamiche urbane, avvenuta negli ultimi anni, ha reso quasi indispensabile un approccio all’interoperabilità dei dati territoriali e allo sviluppo di infrastrutture (Borga, 2012) che siano esse stesse, rese interoperabili grazie alla comunicazione di dati.

Ciò detto, è necessario che il governo sia in grado di gestire e supportare tali cambiamenti.

Nella Fig. 1, in accordo con quanto riportato nel documento ufficiale del Dipartimento Europeo delle Politiche Comunitarie (Manville et al., 2014), sono riportate le relazioni fra le principali componenti (fattori istituzionali, relativi alla governance e alle infrastrutture immateriali; tecnologici, relativi alle infrastrutture fisiche; ed umani, relativi alla capacità di mettersi in rete dei cittadini e al capitale sociale) e i tradizionali ambiti della *smart city* (*economy, environment, governance, people, mobility, living*), queste ultime derivate dallo studio di riferimento compiuto nel 2007 (Giffinger e al., 2008). Come si nota dalla circolarità dello schema, essendoci una mutua dipendenza ed equità tra componenti e caratteristiche, il concetto di sviluppo smart è di difficile settorializzazione.

A livello di politica europea, è da sottolineare che, la Commissione europea parla di *Smart city* riferendosi principalmente al Piano Strategico per l’Energia e la Tecnologia (il cosiddetto Set Plan) che mira al risparmio energetico delle città europee mediante l’utilizzo delle risorse rinnovabili (Setis-EU, 2012) e all’utilizzo di tecnologie ICT. Da questo punto di vista, quindi, il concetto dà uno spiccato valore alla pianificazione prettamente energetica e all’ambito della sostenibilità ambientale.

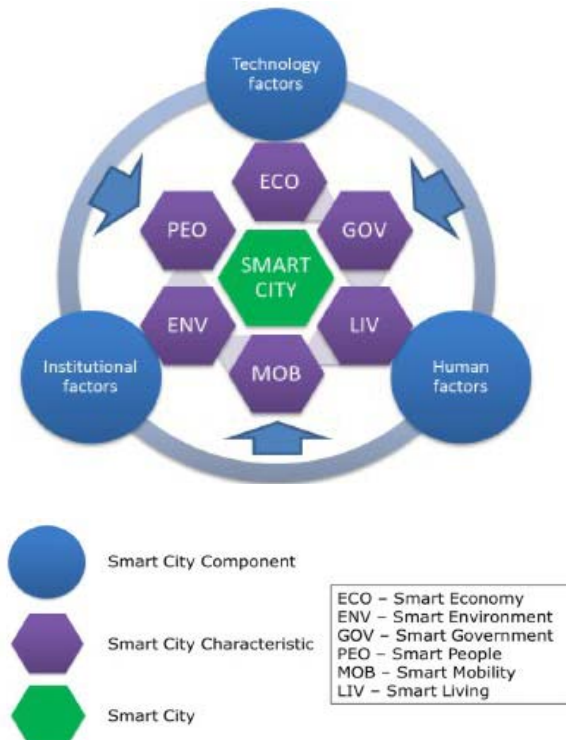


Figura 1. Componenti e caratteristiche che concorrono alla realizzazione della smart city (Manville et al., 2014).

In generale, però la novità dell'approccio pianificatorio (Fig. 2), è quella di utilizzare modelli di sviluppo e strumenti non più basati su aspetti urbani settoriali, come per esempio di sviluppo solo economico o solo territoriale, ma su aspetti multi settoriali che interessano i servizi urbani nel loro complesso. L'approccio olistico della *smart city* cerca quindi di coniugare contesto, infrastrutture e cittadini.

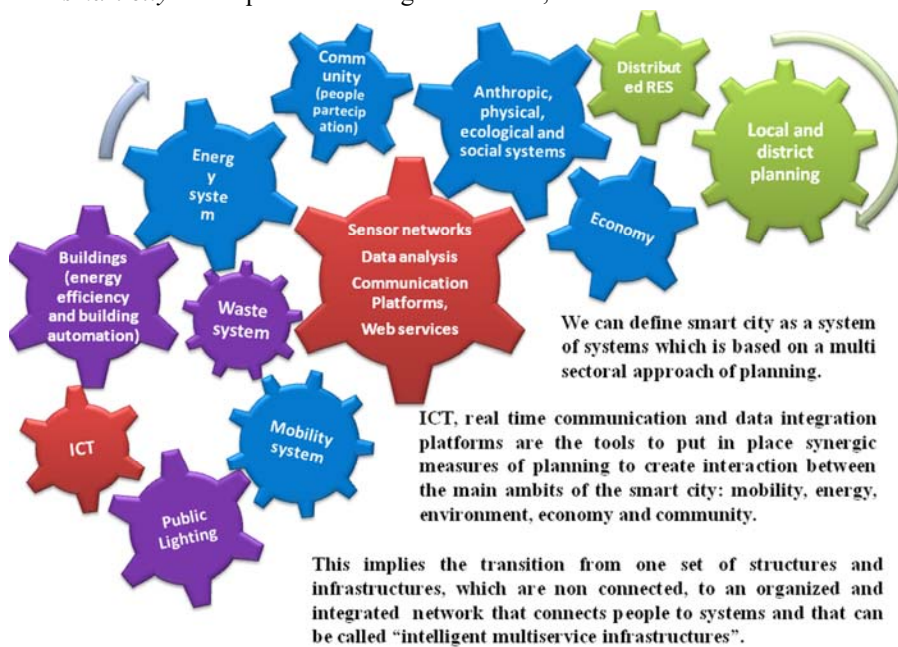


Figura 2. Visualizzazione dell'approccio pianificatorio alla smart city: la città come sistema di sistemi interconnessi.

Alla luce di quanto detto, la tesi di dottorato proposta vuole contribuire al processo d'individuazione di metodologie e strumenti utili a guidare gli Enti Locali nella transizione da una pianificazione urbana tradizionale ad una pianificazione *smart*.

In linea, quindi, con la lettura di pianificazione energetica *smart* sposata dall'UE, attraverso casi studio di letteratura e sperimentali, i contenuti dell'elaborato cercano di evidenziare metodologie e strumenti per uno sviluppo *smart* a livello locale che, partendo dall'utilizzo di strumenti pianificatori esistenti e da dati per lo più già acquisiti dalle Amministrazioni Locali, indirizzino la pianificazione verso una visione multiambito; lo scopo di tale approccio è di offrire dei criteri utili all'analisi dei differenti ambienti (isole, città o distretti) e alla definizione di strumenti per la pianificazione d'infrastrutture fisiche e immateriali di facile applicazione.

## Struttura della tesi

La tesi è organizzata in quattro parti e dodici capitoli (Fig.3). Partendo da un inquadramento generale sulle politiche mondiali ed europee che hanno portato alla nascita del concetto di *smart city*, l'elaborato si focalizza sul definire le infrastrutture fisiche ed immateriali della stessa, contestualizzandone le principali caratteristiche. Le parti terza e quarta della tesi, attraverso esempi concreti e studi di fattibilità, propongono strumenti regolamentari e metodologici, oltre che soluzioni e considerazioni progettuali per la pianificazione energetica ispirata al concetto di *smart city*.

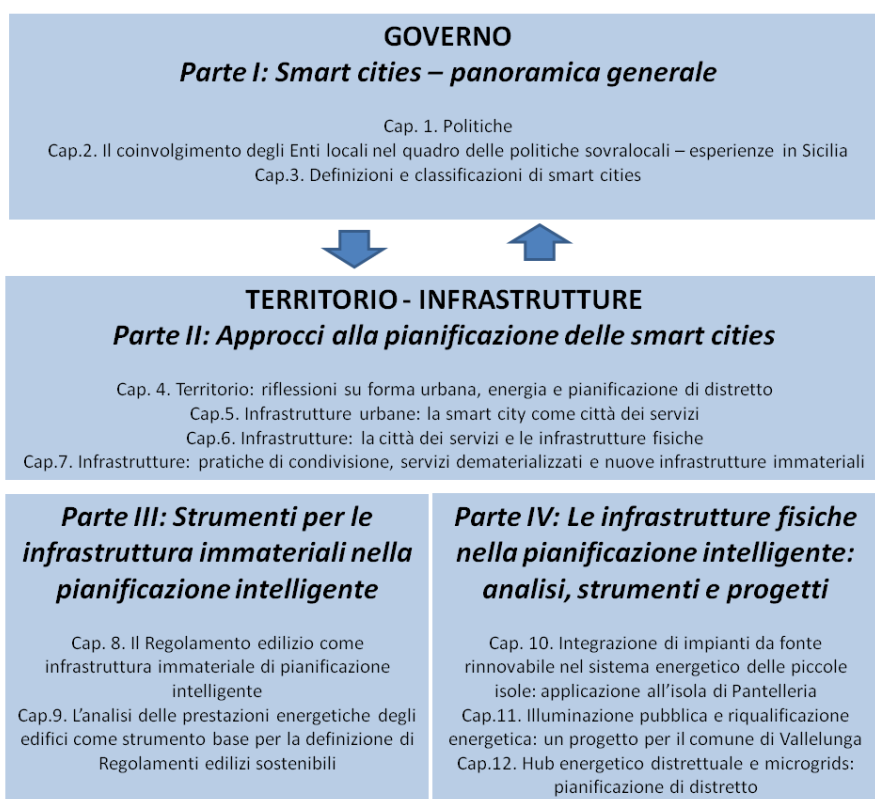


Figura 3. Struttura della tesi.

Per quanto all'interno di un quadro olistico proprio del concetto di *smart city*, l'integrazione di Governo, Territorio, Infrastrutture e Persone, sia imprescindibile e di difficile separazione, in linea con il dottorato svolto, ci si è concentrati sull'affrontare le problematiche più legate alla definizione di strumenti volti ad integrare Territorio e Infrastrutture (Parte III e IV della tesi), accennando solamente

per completezza a problematiche e strumenti che coinvolgono maggiormente altri ambiti.

Data la vastità dei contenuti trattati, per rendere più agevole la lettura della trattazione, l'impostazione assunta è quella del "manuale", fruibile, quindi, ad una lettura completa dei contenuti ma anche ad una consultazione parziale, cioè solo alcuni capitoli. I vari capitoli risultano, infatti, inseriti in una struttura consequenziale che accompagna il lettore nella comprensione del concetto di *smart city*. La trattazione affronta progressivamente il concetto in linea teorica e generale per poi approfondire alcuni aspetti più pratici relativi all'operatività e applicabilità della pianificazione energetica che volga verso una pianificazione smart. Contestualmente, i capitoli sono elaborati in maniera indipendente in modo da rendere agevole una lettura tematica dei contenuti. Eventuali ripetizioni relative al concetto generale di *smart city*, sono quindi funzionali alla struttura della tesi appena esposta.

Di seguito si definiscono i principali contenuti della tesi.

### **Parte I - Smart cities: panoramica generale.**

La parte I del presente elaborato cerca di offrire una panoramica generale sul concetto di *smart city*, affrontandone la nascita e trattandone l'evoluzione. I capitoli contenuti in questa parte pongono l'accento sull'ambito politico e governativo delle *smart city*. Nello specifico, il Cap. 1 introduce al tema e riporta un excursus storico che ripercorre le fasi principali della definizione delle politiche ambientali a livello mondiale ed europeo. Il quadro che viene esposto è funzionale ad inquadrare il progetto Smart Cities all'interno della politica energetica europea. Il Cap. 2 descrive le esperienze di alcuni comuni siciliani, restringendo la scala alle politiche locali e all'importanza che iniziative e strumenti di finanziamento europeo hanno nell'applicazione d'iniziative smart nei territori. Il Cap. 3, invece, esplicita il concetto di *smart city* attraverso una rassegna dei più famosi strumenti di classificazione proposti in letteratura, il contributo vuole evidenziare la complessità e l'interdisciplinarietà della pianificazione smart, evidenziando gli ambiti pianificatori ed alcune delle criticità presenti allo sviluppo di progetti smart; viene introdotta, inoltre, una metodologia per la classificazione delle città smart che tenga conto anche del contesto territoriale.

### **Parte II - Approccio alla pianificazione delle smart cities.**

La parte II dell'elaborato pone l'accento sull'ambito territoriale e sulle infrastrutture introducendo ad una nuova lettura dei due ambiti rispetto a quella della tradizionale pianificazione. Il Cap. 4 affronta la relazione tra contesto urbano

(in termini di morfologia e caratteristiche urbanistiche) e sistema energetico, mettendo in luce le relazioni e le dipendenze esistenti e dando forza all'approccio sistemico alla pianificazione urbana. Il Cap. 5 passa, invece, alla definizione delle infrastrutture urbane (fisiche ed immateriali) dando un accenno generale sul cambiamento che in esse apportano le infrastrutture di informazione e comunicazione (ICT) e lasciando al Cap. 6 e 7 la trattazione specifica delle nuove caratteristiche che esse acquisiscono. Nello specifico, il Cap. 6 delinea il concetto di infrastruttura intelligente e multi servizio, affrontando anche l'interessante aspetto della multi operabilità; il capitolo si conclude delineando i punti cardine della pianificazione di distretto in ambito infrastrutturale (Hub energetico ibrido e layers infrastrutturali) esponendo le diverse caratteristiche di tale approccio per le città esistenti e quelle di nuova realizzazione. La Parte II termina con il Cap.7 esplicitando il ruolo che le ICT e le pratiche di condivisione assumono nei nuovi servizi urbani dematerializzati, visti come servizi sussidiari alla gestione dei principali ambiti della *smart city*.

### **Parte III -Strumenti per le infrastrutture immateriali nella pianificazione intelligente.**

La parte III sviluppa un ambito specifico delle infrastrutture dematerializzate per le *smart city*, che è quello legato all'ambito regolatorio. Nello specifico, l'interesse si è focalizzato all'ambito dell'edilizia esistente e ad uno dei possibili strumenti regolatori finalizzati ad ottenere maggiori prestazioni energetiche, il Regolamento edilizio Comunale. Nello specifico, il Cap.8 offre una panoramica europea su tale strumento, per poi focalizzarsi sull'ambito italiano, analizzando la struttura revisione dei regolamenti edilizi esistenti in chiave sostenibile (proposta di un Allegato energetico per la Regione Siciliana). Il Cap.9 invece, si focalizza su possibili metodologie d'analisi delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti. Attraverso casi studio, rappresentativi dell'edilizia residenziale siciliana e di specifici distretti della città di Palermo, la trattazione proposta vuole offrire un approccio architettonico-energetico alla clusterizzazione degli edifici esistenti. Un approccio all'analisi dell'edilizia esistente che coniughi tradizionali valutazioni architettoniche a valutazioni energetiche, viene visto come semplificativo nella transizione da una pianificazione urbanistica ad una più smart nell'ambito dell'edilizia.

### **Parte IV - Le infrastrutture fisiche nella pianificazione intelligente: analisi, strumenti e progetti.**

La parte IV del presente elaborato presenta dei casi studio di riqualificazione energetica di infrastrutture fisiche. Nello specifico il Cap. 10 affronta la questione

dell'integrazione di impianti di produzione da fonte rinnovabile nel contesto delle piccole isole. Le piccole isole rappresentano una realtà molto interessante per lo studio delle azioni volte all'implementazione smart del territorio, soprattutto da un punto di vista energetico. Il capitolo delinea i punti di forza e le criticità di una pianificazione fortemente limitata da vincoli di natura paesaggistica, architettonici e anche politici, cercando di fornire una "metodologia d'analisi integrata" d'approccio alla questione. La metodologia, inoltre, viene applicata all'isola di Pantelleria, allo scopo di individuare tre scenari progettuali (scenario solare, scenario eolico ed scenario geotermico) che integrino impianti di produzione da FER al contesto territoriale in oggetto allo scopo di rendere l'isola quasi autonoma dal punto di vista energetico. Il Cap. 11 volge lo sguardo all'infrastruttura di illuminazione pubblica, esponendo l'analisi energetica e soluzioni di retrofit per il Comune siciliano di Valledlunga. Il capitolo, inoltre, esplica come tali interventi possano declinarsi in chiave smart. La trattazione si conclude con il Cap. 12 che si configura come trattazione riassuntiva di gran parte dei contenuti della tesi proposta. Il capitolo cerca di collegare, operando a scala di distretto, le caratteristiche morfologiche urbane con il fabbisogno energetico e alcuni conseguenti parametri d'inquinamento. Dopo una disamina dei più comuni approcci allo studio dei Sistemi Energetici Urbani, con particolare attenzione ai sistemi di alimentazione elettrica, presentati come una rete di hubs energetici multi-sorgente ed ibrida, il contributo propone uno studio preliminare agli hub energetici urbani. Le infrastrutture legate all'energia termica, all'energia elettrica e alla mobilità vengono considerate come caratteristiche qualificanti dell'hub, con un potenziale di interoperabilità. La parte applicativa, rivolta ad un piccolo comune siciliano, mostra l'analisi e la progettazione ottimizzata del sistema energetico che serve due diversi distretti urbani. Il progetto ottimizzato è considerato in funzione delle caratteristiche urbane. I risultati sulle emissioni e i costi forniscono alcune conclusioni interessanti circa il legame tra pianificazione energetica e le caratteristiche urbane a livello distrettuale, offrendo, in tal modo un approccio alla pianificazione territoriale che integri energia, in termini di infrastrutture, e contesti territoriali.

Come accennato, l'elaborato, si propone di individuare metodologie e strumenti utili a guidare le Amministrazioni locali nella transizione da una pianificazione urbana tradizionale ad una pianificazione *smart*. Allo scopo quindi di indirizzare una lettura tematica dei contenuti, attraverso schemi semplificati, si propongono di seguito alcuni possibili indirizzi alla lettura dell'elaborato.

Le indicazioni sono state definite semplificando la struttura amministrativa comunale attraverso le figure del Sindaco, degli Assessori comunali e dei tecnici degli assessorati che sviluppano operativamente gli strumenti per rendere applicativa la visione di sviluppo del territorio.



Una visione più politica e strategica di quello che lo sviluppo territoriale in chiave *smart city* potrebbe portare al territorio comunale (propria delle competenze del *Sindaco* e degli *Assessori*) può essere resa attraverso la lettura della Parte I e II del presente elaborato. Nello specifico i capitoli dal 2 al 5 possono offrire una visione di quelle che sono le tematiche e gli ambiti entro cui le Amministrazioni locali si trovano a dover “competere” nello sviluppo futuro del territorio.

Secondo quanto è proprio della visione smart delle città, volendo coinvolgere nel processo di sviluppo del territorio anche gli “utilizzatori finali”, è auspicabile che vengano sviluppati tavoli di concertazione locale. I *presidenti delle circoscrizioni comunali*, intesi in questa sede come “rappresentanti locali” che possiedono un contatto reale con i bisogni dei quartieri che rappresentano, possono essere coinvolti in rappresentanza dei cittadini e dei bisogni a scala territoriale ristretta. La lettura del Cap.3 e dei Cap.6 e 7 potrebbe fornire, a tali figure, pratiche esemplificative di come i cittadini possano essere parte attiva dello sviluppo di nuovi strumenti di pianificazione e di come la scala del distretto/del quartiere assuma un ruolo chiave nella pianificazione smart del territorio comunale.

Nel campo specifico della gestione del patrimonio edilizio urbano, di pertinenza quindi dell'*Assessorato* competente e dei *tecnici* che ad esso appartengono, approfondimenti più operativi volti alla definizione di un quadro conoscitivo delle caratteristiche energetiche, mettendo in relazione le tipologie costruttive con il contesto urbano in cui i manufatti insistono, sono presentati nella Parte III. Il Cap.8 propone, inoltre, una guida all'aggiornamento del Regolamento Edilizio, che coniughi edificio e quartiere. Per inquadrare gli interventi relativi al patrimonio edilizio all'interno di un approccio sistemico alla pianificazione, la lettura può essere completata attraverso il Cap.4.

Riferito ad ambiti specifici del settore infrastrutturale della pianificazione smart, sono, invece, i capitoli della Parte IV. I casi esemplificativi riferiti all'integrazione di impianti da fonte rinnovabile in contesti vincolati (Cap. 10), alla valutazione di scenari progettuali relativi alla riqualificazione energetica dell'impianto di illuminazione pubblica (Cap. 11) e alla pianificazione di distretto (Cap.12), delineano procedimenti e valutazioni che possono essere utili ai *tecnici comunali* che si trovano a valutare o sviluppare scenari progettuali in tale ambito.



## **Parte I- Smart cities: panoramica generale**



## Capitolo 1 - Politiche

**Sommario-** Il capitolo introduce al tema della *Smart city* attraverso un excursus storico, che ripercorre le fasi principali: la nascita delle politiche ambientali a livello mondiale fino alla fase di maturità raggiunto in Europa dopo il Protocollo di Kyoto (1997); il Pacchetto Clima 20-20-20, definito dalla Commissione Europea nel 2008, che segna un altro punto cruciale alla nascita delle iniziative e progetti *smart cities*; la Strategia Europea per il clima e l'energia 2030 (Energy Strategy 2030) e, infine, la Strategia Energetica europea 2050 (Energy Strategy 2050). Il quadro che viene esposto è funzionale ad inquadrare il progetto Smart Cities, che è parte del Piano strategico per le Tecnologie Energetiche denominato "Investing in the development of low carbon technologies" o più comunemente noto come SET-Plan (Strategic Energy Technologies for Long Term), all'interno della politica energetica europea. Il capitolo si conclude con un accenno ad alcune delle iniziative.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nella seguente pubblicazione scientifica:

- Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Vaccaro V. (2016). Chapter 1- General Overview. In *Smart Cities Atlas, Western and Eastern Intelligent Communities*, Springer International Publishing, Springer, pp. 3-21. ISBN 978-3-319-47361-1

### 1.1 Le politiche ambientali a livello mondiale

Dagli anni settanta in poi la questione ambientale diventa di centrale importanza per i paesi industrializzati, nella sempre più evidente necessità di preservare la qualità del patrimonio naturale e nella consapevolezza che, essendo le risorse del pianeta tendenzialmente esauribili, dovessero essere rivisti i modelli di sviluppo (Boasson, Wettestad, 2016).

Nel giugno del 1972 si svolge a Stoccolma<sup>4</sup> la Conferenza delle Nazioni Unite per l'Ambiente Umano, la prima conferenza internazionale che coinvolge i governi del mondo sui temi dell'ambiente e sulle tematiche legate alle politiche di sviluppo. Si riconosce che, la capacità di trasformare dell'uomo, se correttamente applicata, può portare benessere e migliorare la qualità della vita, ma diversamente può creare danni ambientali, distruzione ed esaurimento delle risorse.

Negli anni ottanta si fa strada l'esigenza di conciliare crescita economica ed equa distribuzione delle risorse in un nuovo modello di sviluppo. Il principio organizzativo di questo paradigma viene individuato nel concetto di *sostenibilità dello sviluppo*: un insieme di valori che interessa tutti i campi dell'attività umana, in modo trasversale e in una prospettiva a lungo termine.

---

<sup>4</sup>L'Assemblea Generale dell'ONU convocò la conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente Umano che si tenne a Stoccolma dal 5 al 15 giugno 1972.

Proprio nel 1980, l'International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) con l'United Nations Environment Programme<sup>5</sup> (UNEP) e il WWF, elaborano il documento "World Conservation Strategy of the Living Natural Resources for a Sustainable Development" (IUCN, 1980), secondo cui per affrontare le sfide di una rapida globalizzazione del mondo, una coerente e coordinata politica ambientale deve andare di pari passo con lo sviluppo economico e l'impegno sociale. Gli obiettivi delineati nel documento erano così sintetizzabili: mantenimento dei sistemi vitali e dei processi ecologici essenziali, conservazione della diversità genetica e utilizzo sostenibile delle specie e degli ecosistemi. Qualche anno dopo, più precisamente nel 1983, l'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) istituirà la commissione mondiale per lo Sviluppo e l'Ambiente (Burton, 1987), presieduta da Gro Harlem Brundtland. Dalla consapevolezza di voler operare verso azioni orientate all'ecogestione del territorio e delle attività antropiche, nel 1987 prende vita il concetto di "sostenibilità" e "sviluppo sostenibile" con la pubblicazione del rapporto della Commissione Brundtland su "Ambiente e Sviluppo", denominato *Il futuro di tutti noi* (Salzano, 1998). Lo studio sottolinea come il mondo si trovi davanti ad una sfida globale a cui può rispondere solo mediante l'assunzione di un nuovo modello di sviluppo definito "sostenibile", cioè «uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni»<sup>6</sup>.

Altro caposaldo dello sviluppo sostenibile è rappresentato dalla Conferenza delle Nazioni Unite tenutasi a Rio de Janeiro<sup>7</sup> nel 1992 che, nella sua Dichiarazione, sancisce i 27 Principi su ambiente e sviluppo, i Principi delle foreste e l'Agenda 21, ancora oggi vivi ed attuali. Quest'ultima<sup>8</sup> «riconosce che operare verso lo sviluppo sostenibile è principale responsabilità dei Governi e richiede strategie, politiche, piani a livello nazionale», individuando il programma d'azione per invertire l'impatto negativo delle attività antropiche sull'ambiente. L'Agenda definisce le attività da intraprendere, i soggetti da coinvolgere ed i mezzi da utilizzare in relazione alle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile (ambiente, economia, società), ponendosi come processo complesso data la diversa natura dei problemi affrontati e gli inevitabili riferimenti alle più diverse scale di governo degli interventi<sup>9</sup>. I problemi ambientali si attestano, infatti, sia su di una dimensione globale, nell'ambito della quale si manifestano effetti di portata planetaria, sia su

---

<sup>5</sup>L'IUCN nasce nel 1956, ma l'organizzazione era già esistente con un nome diverso. Nel 1980 collabora con L'Unesco per pubblicare una strategia di conservazione del mondo.

<sup>6</sup>Il rapporto Brundtland è un documento rilasciato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo in cui, per la prima volta, viene introdotto il concetto di sviluppo sostenibile.

<sup>7</sup>Il Summit della Terra, tenutosi a Rio de Janeiro dal 3 al 14 Giugno 1992 è stato la prima conferenza mondiale dei capi di stato sull'ambiente.

<sup>8</sup>L'Agenda 21 costituisce un ampio e articolato programma di azione, scaturito dalla Conferenza ONU su Ambiente e Sviluppo di Rio nel 1992, che costituisce una sorta di manuale dello Sviluppo Sostenibile del pianeta.

<sup>9</sup>United Nation Sustainable Development disponibile in: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>

una dimensione locale, caratterizzata da fenomeni specifici, legati allo stato dell'ambiente e ad attività che sul medesimo territorio hanno sede<sup>10</sup>.

Passando per la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite del 1994<sup>11</sup> sui cambiamenti climatici e arrivando alla firma del Protocollo di Kyoto<sup>12</sup> (1997), si iniziano a delineare obiettivi internazionali concreti di diminuzione dei gas serra, ritenuti responsabili del riscaldamento globale del pianeta. Il Protocollo di Kyoto rappresenta un importante passo avanti nella lotta contro il riscaldamento planetario, perché oltre a contenere obiettivi vincolanti (gli obiettivi, riferiti al periodo 2008-2012, sono di riduzione delle emissioni totali dei paesi sviluppati di almeno il 5% rispetto ai livelli misurati nel 1990) sancisce un'ammissione di responsabilità da parte dei paesi industrializzati riguardo ai problemi ambientali legati ad uno sviluppo incontrollato e non sostenibile e contestualmente impegna i paesi in via di sviluppo.

L'ultima Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC COP21 del 2015) ha sancito per la prima volta un accordo vincolante e universale sul clima, accettato da tutte le nazioni. L'obiettivo a livello mondiale, ad oggi, è quello di mantenere l'aumento globale della temperatura media al di sotto dei 2°C (Oberthur & Dupont, 2015).

Come si evince da quanto esposto, già alla fine del secolo scorso, lo sviluppo sostenibile assume le caratteristiche di concetto integrato, evocando a sé la necessità di coniugare le tre dimensioni fondamentali e inscindibili di ambiente, economia e società, dato che risulta evidente come l'azione ambientale da sola non possa esaurire la sfida; ogni piano o politica di intervento, infatti, deve rispondere ad una visione integrata e definire impatti economici, sociali ed ambientali (Van Staden & Musco, 2010). Il progresso tecnologico si pone allora quale strumento necessario per raggiungere l'obiettivo di un uso oculato delle risorse naturali, diminuendo il consumo di quelle non rinnovabili, limitando i rifiuti prodotti e la sostituzione del capitale naturale (territorio, risorse materiali, specie viventi) con capitale costruito (risorse naturali trasformate) (Van Staden & Musco, 2010).

---

<sup>10</sup> <http://www.uncsd2012.org/.../194Synthesis%20Agenda%202011%20an...>

<sup>11</sup> Sottoscritta a Rio da 154 paesi, più l'Unione europea, entra in vigore il 21 marzo 1994. Costituisce un altro snodo fondamentale nella elaborazione di politiche globali per la lotta contro i cambiamenti climatici. Essa si è basata in gran parte sulle conclusioni tratte dai rapporti dell'Organizzazione Meteorologica mondiale, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico) e definisce un obiettivo di stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra per la protezione del sistema climatico promuovendo interventi a livello nazionale e internazionale per il raggiungimento di questo obiettivo. Essa prevede solo un impegno di massima per i paesi industrializzati a riportare entro il 2000 le proprie emissioni di gas serra ai livelli del 1990.

<sup>12</sup> Il Protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto nella città giapponese di Kyōto l'11 Dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC).

## 1.2. Le politiche ambientali europee

Nel gennaio 2008 la Commissione Europea ha presentato una proposta integrata in materia di energia e cambiamenti climatici, nella quale affronta i problemi dell'approvvigionamento energetico, dei cambiamenti climatici e dello sviluppo industriale: il *Pacchetto Clima 20-20-20*<sup>13</sup>.

Il pacchetto riassume gli obiettivi che l'Unione Europea si prefigge di raggiungere per il 2020, riassumibili attraverso i seguenti punti:

- Raggiungere una diminuzione del 20% delle emissioni di gas serra degli stati membri dell'Unione Europea;
- Portare la quota di energia prodotta da fonte rinnovabile al 20%;
- Ottenere un risparmio dei consumi energetici del 20%.

Ma gli obiettivi europei sono in continuo aggiornamento e diventano sempre più stringenti. Infatti, nel 2014, il Consiglio Europeo ha convenuto il quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030<sup>14</sup> e al 2050 (ridurre le emissioni di gas a effetto serra dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990), specificando nuovi ambiti d'intervento per il raggiungimento degli obiettivi (Fig. 4).

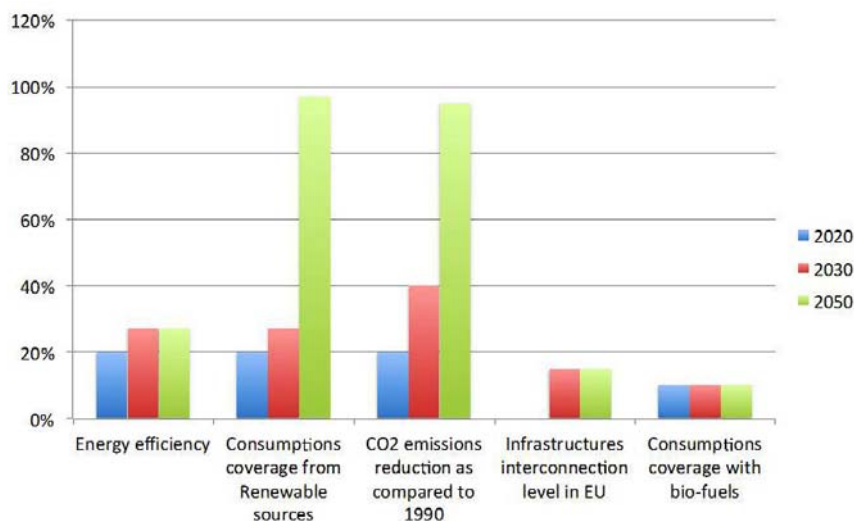


Figura 4. Obiettivi Europei al 2020, 2030 e 2050.

Ai tradizionali obiettivi europei, si aggiunge la volontà di realizzare un mercato dell'energia pienamente integrato, quello di raggiungere la sicurezza dell'approvvigionamento attraverso un uso coordinato delle infrastrutture, l'integrazione e la diversificazione delle fonti di energia a supporto della

<sup>13</sup><http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc>.

<sup>14</sup><http://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>



produzione, l'efficienza nei consumi e il sostegno alla ricerca e all'innovazione tecnologica.

In questo quadro molto votato alla tecnologia e alla diversificazione di fonti d'energia, la liberalizzazione dei prezzi e l'uso di tecnologie intelligenti per la gestione della domanda, potranno avviare un processo di contenimento e controllo del consumo energetico anche per migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico. Oltre alla sicurezza di approvvigionamento di energia elettrica, infatti, anche la sicurezza dell'approvvigionamento di gas è un elemento cruciale. L'UE, infatti, è il più grande importatore di gas del mondo e il gas può svolgere un ruolo cruciale nell'assistere la transizione dell'UE verso un sistema energetico a basso tenore di carbonio potendo essere considerato un "combustibile di backup" per le energie rinnovabili, quando le condizioni meteorologiche impediscono la produzione di energia da fonti rinnovabili. Infine, l'interconnessione tra sistemi energetici e la capacità di immagazzinare energia permetterà flessibilità e sicurezza nella fornitura di energia.

### 1.3 Gli Enti Locali nelle politiche europee

E' in questo quadro che il coinvolgimento degli Enti Locali nelle politiche energetico/ambientali europee si prevede necessario. Le città, infatti, sono realtà fortemente energivore, consumando il 70% dell'energia necessaria all'intera UE. Su questo enorme potenziale di risparmio energetico le istituzioni europee fanno leva per il raggiungimento degli obiettivi vincolanti posti agli Stati Membri.

Già dalla definizione del Pacchetto clima 2020, l'UE, infatti, ha portato avanti tante iniziative e progetti per il coinvolgimento degli Enti Locali nel processo di raggiungimento degli obiettivi comunitari. Tra questi, grande successo ha avuto il "Patto dei Sindaci". L'iniziativa, lanciata nel 2008, ha lo scopo di coinvolgere attivamente le città europee nell'elaborazione di una strategia verso la sostenibilità energetica, fornendo alle amministrazioni locali l'opportunità di impegnarsi in maniera concreta nella lotta al cambiamento climatico attraverso interventi che modernizzano la gestione amministrativa e influiscono direttamente sulla qualità della vita dei cittadini. L'obiettivo del Patto è aiutare i governi locali ad assumere un ruolo di punta nel processo di attuazione delle politiche in materia di energia sostenibile.

L'iniziativa ha avuto grande successo in tutta l'Europa, ad oggi i comuni firmatari sono più di 6000<sup>15</sup> (Fig. 5), e ha coinvolto attivamente città di varie

---

<sup>15</sup>Analizzando l'esperienza del Patto dei Sindaci in questi primi anni di attuazione si può notare che il record assoluto in termini di firmatari appartiene ai comuni italiani (ben 3 562 su un totale di 6 473), seguiti a grande distanza da spagnoli (1 453) e belgi (245). Il risultato di questa maxi-mobilizzazione è che 217 milioni di cittadini europei, cioè quasi la metà della popolazione dell'UE, vive in centri urbani che hanno messo a punto un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile. Dati aggiornati a luglio 2015, [http://www.eumayors.eu/about/covenant-in-figures\\_it.html](http://www.eumayors.eu/about/covenant-in-figures_it.html)

dimensioni, dai piccoli paesi alle maggiori aree metropolitane. I principali settori sui quali si concentrano gli interventi delle città firmatarie, ad oggi sono: mobilità pulita, riqualificazione energetica degli edifici e sensibilizzazione dei cittadini in tema di consumi energetici; la formula individuata associa l'utilizzo più razionale delle risorse all'integrazione delle tecnologie pulite.

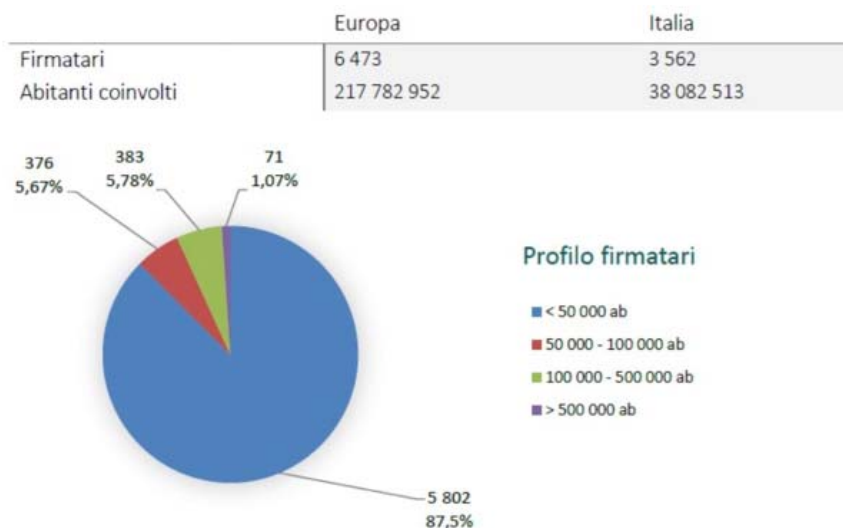


Figura 5. Profilo dei comuni firmatari in base alla popolazione comunale ([http://www.covenantofmayors.eu/index\\_en.html](http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html))

Anche il progetto Smart Cities, fortemente in linea con il Patto dei Sindaci, rientra in tale quadro. Tra gli obiettivi del progetto vi è quello di veicolare le migliori pratiche ed azioni di sostenibilità energetica messe in atto già dalle città firmatarie del Patto, con lo scopo di raggiungere una sorta di modello prototipale dell'efficienza energetica e avviare un percorso di sviluppo economico e urbano dai bassi costi e dal ridotto impatto ambientale. Nell'ambito del piano strategico SET-Plan (Strategic Energy Technologies for Long Term), in cui rientra il progetto Smart Cities, l'Unione Europea prevede la creazione di una rete di trenta smart cities da selezionare entro il 2020 che possano fungere da faro per uno sviluppo smart dei contesti urbani, intendendo con tale termine identificare città capaci di incidere positivamente sulla qualità urbana secondo una valutazione basata su parametri economici, sociali, culturali, ambientali, abitativi e gestionali.

Le città quindi si trovano nella possibilità di fare grandi investimenti nel proprio territorio perché tanti sono i bandi e i finanziamenti offerti dalla Comunità Europea. Basta pensare che il primo bando Smart Cities, nell'ambito del VII Programma Quadro (2007-2013), è stato di circa 70-80 milioni solo in riferimento a progetti di ristrutturazione del patrimonio immobiliare pubblico e privato e delle reti energetiche.

Oltre ad iniziative per lo sviluppo sostenibile delle città che partono dall'UE, ve ne sono altre che trovano la loro origine all'interno delle amministrazioni cittadine europee.

Fondata nel 1986, Eurocities, per esempio, è la rete che riunisce le amministrazioni locali di oltre 140 grandi città in circa 34 paesi europei e che rappresenta gli interessi dei suoi membri impegnandosi nel dialogo con le istituzioni europee nell'ambito di un'ampia serie di politiche che influenzano le città.

La dichiarazione Eurocities (Borja, 1992) sostiene nuovamente che l'ambito locale ha un ruolo essenziale nella lotta contro i cambiamenti climatici e pertanto le città rappresentano dei partner essenziali, in coordinamento con le istituzioni UE e gli Stati membri.

Le città aderenti hanno compiuto una serie di considerazioni implementando strategie di sviluppo urbano ancora molto attuali ed in linea con il concetto di *smart city*.

Le città aderenti alla rete si impegnano, per esempio a coinvolgere tutti gli attori presenti sul territorio secondo diverse modalità, nella loro lotta ai cambiamenti climatici.

Con azioni mirate, iniziando dai cittadini, in modo organizzato e coerente, per rispondere collettivamente alla sfida posta dal riscaldamento globale e promuovendo e supportando iniziative private e pubbliche per la protezione del clima.

Con lo sviluppo di partnership innovative nei campi della ricerca e della istruzione superiore.

Informando ed aumentando la consapevolezza del pubblico in un clima di responsabilità condivisa tra individui e società, in modo da promuovere un comportamento "ecologico" atto a ridurre le emissioni di gas serra. La divulgazione di conoscenza scientifica sul riscaldamento globale è un elemento chiave nell'aumentare la consapevolezza del pubblico.

Focalizzando le priorità su settori svantaggiati della società, seguendo i principi dello sviluppo sostenibile, riconoscendo che le risorse naturali, ed in particolar modo l'energia, sono limitate.

Migliorando le prestazioni nei servizi pubblici e riducendo le loro emissioni di carbonio, investigando la possibilità di sfruttare le innovazioni tecnologiche.

Adottando politiche ambiziose e sostenibili di approvvigionamento energetico nel settore pubblico, che giocano un ruolo essenziale nell'azione contro i cambiamenti climatici, sia in quanto esempio virtuoso per i cittadini che per creare una domanda economica nei settori produttivi che mettono a disposizione soluzioni tecnologiche.

Per ottenere tutto questo, occorre lavorare sulla pianificazione urbana e sulla qualità delle città.

Limitando lo sprawl urbano e sviluppando città compatte che riducano le esigenze di spazio ed energia, nell'ambito delle quali lo stile di vita collettivo costituisca anche un fattore di attrazione. Lo sprawl urbano consiste nell'edificazione di nuove aree. Questo viene visto come un "male assoluto" in quanto divorza spazi agricoli e naturali, fa sorgere ulteriori esigenze di trasporti e quindi costituisce un fattore importante nell'aumento dei gas serra. La sua limitazione è un aspetto primario della politica urbana. È necessario progettare delle città compatte aventi come duplice obiettivo la qualità urbana e la qualità di vita, il che significa conservare sufficienti aree verdi.

Creando nuovi "quartieri ecologici", nei quali la densità di popolazione, l'integrazione sociale e culturale, nonché la diversità economica rappresentino dei valori fondamentali; e nei quali vengano implementate innovazioni tecnologiche nei settori dei trasporti, nonché della gestione dei rifiuti e delle acque.

Costruendo edifici efficienti in termini energetici, e promuovendo l'edilizia ecologica nei nostri territori, con elevati standard di efficienza termica ed utilizzando materiali ecologici. L'edilizia ecologica deve diventare uno standard per tutte le opere di costruzione, sia per quelle di nuova realizzazione che per quelle di restauro.

Supportando il recupero in chiave sostenibile di edifici esistenti: considerando l'elevato contributo alla produzione di emissioni di gas serra degli edifici, questo impegno rappresenta una sfida primaria nella lotta al riscaldamento globale.

Assicurando la conservazione e lo sviluppo del verde urbano, in giardini pubblici e privati, nonché in nuove aree forestali periurbane alla periferia delle aree urbane. I nuovi schemi di piantumazione rispetteranno i paesaggi e la biodiversità specifica dei territori.

Lavorando sui trasporti e sulla mobilità urbana:

- sviluppando i trasporti pubblici, nonché forme di mobilità "soft" e nuove, con una riduzione nelle emissioni inquinanti e minore dipendenza dai carburanti fossili. Per consentire tutto questo, occorre offrire modalità di trasporto alternative di alta qualità per persone e merci, che rispettino l'ambiente;
- correlando tra loro i territori e collegando le reti di trasporto pubblico al fine di assicurare le condizioni più favorevoli per lo spostamento delle persone e delle merci; inventando nuove tipologie di gestione della mobilità implementando regolamentazioni innovative della circolazione stradale nei centri delle città;
- incoraggiando l'innovazione tecnologica per la mobilità e l'utilizzo di nuove forme di energia per la propulsione. La creazione di centri di ricerca specializzati verrà altresì facilitata;
- sostenendo e sviluppando l'uso di tecniche d'informazione e comunicazione, quali Internet, la videoconferenza, ecc., che possano

aiutare a ridurre spostamenti non necessari e, di conseguenza, le emissioni nocive.

Fondamentale, infine, al raggiungimento degli obiettivi è lavorare sull'energia rinnovabile diversificando la produzione di energia mettendo in pratica tutta una serie di interventi necessari al progressivo cambiamento climatico.

In particolare azioni quali:

- lo sviluppo della produzione di energia rinnovabile che porti al superamento degli obiettivi attuali della Commissione Europea e il sostegno allo sviluppo di innovazioni tecniche per l'uso di energia rinnovabile al fine di migliorarne l'efficienza energetica e la commercializzazione;
- l'adeguamento della produzione di calore ed elettricità alla geografia dei territori; la riduzione del consumo energetico dei sistemi urbani (trasporti, edifici, reti energetiche, reti idriche);
- la riduzione dei rifiuti alla fonte, mediante raccolta differenziata e riciclaggio, e recuperando l'energia da rifiuti non riciclabili (calore, biogas, ecc.).

Anche in Italia<sup>16</sup> tantissime sono le iniziative avviate già dal 2012: si ricorda in particolare, nell'ambito della ricerca sperimentale, gli otto<sup>17</sup> progetti vincitori del bando Smart Cities and Communities dedicato alle Regioni del Mezzogiorno che hanno avuto assegnati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca circa 200 milioni di euro<sup>18</sup>. I progetti di ricerca studiano soluzioni innovative per la mobilità sostenibile, la sanità, l'istruzione, la gestione delle informazioni e dei dati nella pubblica amministrazione, le energie rinnovabili, la cultura e il turismo, l'efficienza energetica e la gestione delle risorse naturali.

---

<sup>16</sup>Il 30 ottobre 2012 è nata “Smart Cities Exhibition 2012” ossia una rassegna sulle smart city che si è svolta a Bologna diretta da Jarmo Eskelinen, leader dei Living Labs, Mario Calderini, consigliere del Ministro per la Ricerca, l'Università e la Pubblica Istruzione, coordinatore del gruppo di lavoro sulle Smart cities and Communities della cabina di Regia per l'Agenda Digitale Italiana. La manifestazione si è ripetuta anche quest'anno.

<sup>17</sup>Gli otto progetti selezionati sono stati: Smart Health e Cluster Osdh, Smart Fse Staywell, Progetto Prisma, Progetto Dicot-Inmoto e Orchestra, Progetto Edoc@Work 3.0, Aquasystem, Be&Save, Siglod, Res Novae, Sinergreen e Sem Smart Energy Master, Progetto I-Next, Smart Tunnel.

<sup>18</sup><http://www.ponrec.it/programma/interventi/smartcities>

## Capitolo 2 – Il coinvolgimento degli Enti Locali nel quadro della politica energetica sovralocale: esperienze in Sicilia

**Sommario** - Secondo quanto fino a ora esposto, è chiaro come la questione energetica sia diventata di centrale importanza per tutti i livelli di pianificazione territoriale compreso quello regionale e comunale. Il capitolo descrive le esperienze di alcuni comuni siciliani. Tali esperienze sono rappresentative di come l'integrazione di impianti d'energia rinnovabile e misure di efficienza energetica nell'ambito di un modello di pianificazione integrato possano diventare una leva importante allo sviluppo locale, contrastando lo spopolamento ed imponendo modelli urbani virtuosi. Un esempio concreto di ciò, e di quanto azioni e interventi che garantiscano uno sviluppo diffuso unitario ed equilibrato definiscano un approccio vincente di sviluppo locale, è quello trattato nella prima parte del capitolo e sviluppato nell'Area delle Madonie all'interno del Programma Operativo Interregionale (POI) "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013". La seconda parte del capitolo tratta invece il ruolo dell'iniziativa "Patto dei Sindaci" in Sicilia, come potenziale strumento che permette ai comuni di diventare attori chiave del processo di riqualificazione energetico - ambientale del territorio<sup>19</sup>. Il capitolo si conclude riportando l'esempio della città di Palermo nel percorso intrapreso per la redazione del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile all'interno di tale iniziativa.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Riva Sanseverino, R. & Vaccaro, V. (2014). Politica energetica e sviluppo locale: esperienze in Sicilia. In *INU (Italian National Institute of Urban Planning), V. G. D. S. & Le città'italiane, U. P. P. le città' italiane,urbanistica*. Rivista bimestrale, 41, pp. 24- 28.
- Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino, R., Costantino, D. & Vaccaro, V. (2013). The Sustainable energy action plan of Palermo: actions and measures for a city in transformation. In *Città' come Motore di Sviluppo del Paese, a cura di Francesco Sbetti, Francesco Rossi, Michele Talia, Claudia Trillo,Urbanistica dossier*, pp.249-255.

### 2.1. Indirizzi e strategie

Obiettivi quali sostenibilità ambientale, sicurezza d'approvvigionamento energetico e competitività, che dapprima hanno orientato la Commissione Europea nella definizione dei contenuti del Pacchetto Clima- Energia 2020<sup>20</sup>, continuano a caratterizzare gli indirizzi definiti per i decenni futuri con livelli di riduzione delle emissioni sempre più alte. Il quadro temporale per il raggiungimento di un'economia a basse emissioni di carbonio è stato, infatti, allungato al 2050.

---

<sup>19</sup>La Sicilia nei prossimi anni avrà a disposizione da parte dell'Unione Europea circa 30 milioni di euro per finanziare interventi di risparmio energetico consentendo ai 390 comuni aderenti al Patto dei Sindaci di iscrivere a bilancio questi fondi fuori dal Patto di Stabilità. <http://www.cniscintille.it/ue-patto-dei-sindaci-sicilia-eletta-caso-di-eccellenza-dal-covenant-of-mayors-riuscira-nella-sfida-del-2020/>

<sup>20</sup>Gli obiettivi fissati dal Pacchetto-Energia per il 2020 sono: riduzione del 20% delle emissioni inquinanti, riduzione del 20% dei consumi finali lordi e aumento del 20% della produzione di energia da fonte rinnovabile, rispetto ai livelli registrati nel 1990.

A tal riguardo la Comunicazione della Commissione Europea “Energy Roadmap, 2050” mostra i possibili scenari futuri generati da una diversa combinazione degli elementi chiave per la decarbonizzazione (efficienza energetica, fonti rinnovabili, moderato uso del nucleare, cattura e stoccaggio dell’anidride carbonica) con lo scopo di ispirare le politiche degli Stati membri verso gli obiettivi futuri. Dall’analisi dei vari scenari si evince come, grande spazio sia dato all’efficienza energetica<sup>21</sup> che gioca sempre più un ruolo fondamentale per il raggiungimento dei livelli di emissione richiesti, in particolare nel campo dell’edilizia. Altri capisaldi sono l’impiego di tecnologie di approvvigionamento energetico diversificate e integrate e l’attuazione di misure di sostegno per le energie rinnovabili.

I dati che riguardano il raggiungimento degli obiettivi di medio termine (European Environment Agency, 2013), fissati per il 2012 in riferimento alle emissioni di CO<sub>2</sub> dei vari Paesi Europei, mostrano come solo alcuni paesi (tra cui Italia, Germania, Bulgaria, Lituania, Olanda, Slovenia e Lettonia) siano riusciti positivamente a raggiungerli. L’Italia in tal senso ha avuto un comportamento virtuoso grazie all’incremento di copertura da fonte rinnovabile sui consumi finali lordi (determinante al raggiungimento del target è stato l’effetto dei diversi programmi di incentivo “Conto Energia” per il fotovoltaico, congiuntamente alla riduzione dei consumi energetici dovuti alla recente crisi economica che ha interessato il Paese), mentre nessun miglioramento è stato apportato da misure di efficienza energetica.

Ad oggi, il Paese si trova a dover implementare la sua politica energetica con nuovi strumenti che, in linea con quanto sottolineato nella Energy Roadmap 2050 dalla Commissione Europea, pongano le basi per una effettiva e concreta pianificazione delle misure energetiche da implementare in ambito nazionale e regionale, ciò anche in vista del raggiungimento degli obiettivi più stringenti, rispetto a quelli ambientali europei del Pacchetto Clima 20-20, che l’Italia si è fissata con la Strategia Energetica Nazionale, SEN (Ministero dello Sviluppo economico delle Infrastrutture e dei Trasporti e il Ministero dell’Ambiente, 2013).

E’ anche in tal senso che si colloca la pubblicazione (Luglio, 2014) del “Piano d’Azione Italiano per l’Efficienza Energetica”. Il Piano, coerentemente con quanto espresso nella SEN, riporta i nuovi obiettivi nazionali di riduzione dei consumi di energia primaria e finale fissati dall’Italia al 2020, specifica i risparmi negli usi finali di energia attesi per singolo settore economico e esplica la strategia di potenziamento delle misure di policy già attive per il raggiungimento degli obiettivi fissati<sup>22</sup>.

---

<sup>21</sup> Si parla di efficienza energetica in termini di azioni che apportino un risparmio nell’uso dell’energia ma che contestualmente mantengano inalterata l’efficacia dei servizi offerti dai vari sistemi energivori.

<sup>22</sup> Il Piano di Azione Nazionale, previsto dalla Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili è il documento programmatico che fornisce indicazioni dettagliate sulle azioni da porre in atto per il raggiungimento, entro il 2020, dell’obiettivo vincolante per l’Italia di coprire con energia prodotta da fonti rinnovabili il

La definizione di strumenti pianificatori e regolamentari idonei alla riduzione delle emissioni clima alteranti, sono elementi, quindi, che caratterizzano la politica energetica degli Stati Membri ma che hanno una naturale trasposizione nei provvedimenti regolamentari di carattere nazionale, regionale e anche comunale con specifiche ed approfondimenti confacenti alle varie scale territoriali a cui gli stessi si riferiscono.

Sul fronte nazionale, per esempio, l'impegno europeo è quello di conseguire al 2020 una quota complessiva di energia prodotta da fonti rinnovabili rispetto al consumo finale lordo di energia (termica ed elettrica) e dei trasporti, pari al 17% (la percentuale è stata aumentata al 20% con l'atto di indirizzo della SEN). Tale impegno è stato declinato a livello nazionale per le varie regioni tramite il Decreto ministeriale c.d. "Burden Sharing" (15 marzo 2012), che ha attribuito alle stesse, in coerenza con gli obiettivi definiti dal PAN (Piano d'Azione Nazionale), obiettivi intermedi e finali per il raggiungimento dell'obiettivo Statale (ENEA, 2014).

Le Regioni sono tenute a sviluppare modelli d'intervento per l'efficienza energetica, ad integrare la programmazione in materia di fonti rinnovabili, ad intervenire nel sistema dei trasporti pubblici locali, nell'illuminazione pubblica, nel settore idrico, negli edifici e nelle utenze delle Pubbliche Amministrazioni.

L'obiettivo fissato per la Sicilia è del 15,9% al 2020, inteso come incremento della quota complessiva di energia prodotta da FER sul consumo finale lordo di energia termica ed elettrica rispetto al valore iniziale di riferimento<sup>23</sup>.

In tale contesto viene sempre più marcato il contributo che, negli obiettivi regionali e nazionali, possono avere gli Enti Locali, soprattutto per quel che riguarda l'incremento di misure di efficienza energetica. Gli Enti Locali ricoprono in più un ruolo importante per ciò che riguarda la sensibilizzazione dei cittadini nell'uso delle risorse energetiche avendo la gestione delle singole realtà comunali.

Molti sono i Programmi di finanziamento e i Progetti che la Comunità Europea mette a disposizione di organismi sia pubblici che privati che vogliano mettere in atto azioni volte alla tutela dell'ambiente in vari settori, dalla governance del territorio, in riferimento ad approcci strategici ed innovativi volti alla sostenibilità ambientale, a progetti di comunicazione ed informazione, volti alla sensibilizzazione dei cittadini in riferimento al problema dei cambiamenti climatici e dell'uso delle risorse, fino a progetti strettamente riferiti alla tutela della natura e della biodiversità.

---

17% dei consumi lordi nazionali. L'obiettivo deve essere raggiunto mediante l'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili nei settori: Elettricità, Riscaldamento – Raffreddamento e Trasporti, (in <http://approfondimenti.gse.it>).

<sup>23</sup>Il Piano di Azione Nazionale, previsto dalla Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del valore iniziale di riferimento assunto è pari al consumo regionale da FER per il riscaldamento/raffrescamento, relativo all'anno 2005 e a quello dell'anno 2009 per quanto riguarda i consumi di energia elettrica.



E' in tale contesto che si collocano il Progetto Factor 20/LIFE + e il Progetto Patto dei Sindaci, che allo stato attuale stanno avendo per molte regioni d'Italia, tra cui la Regione Siciliana.

Ad Ottobre del 2013, infatti, l'Assessorato dell'Energia della Regione Sicilia ha approvato un programma di finanziamento al fine di promuovere la sostenibilità energetica-ambientale nei comuni Siciliani attraverso il "Programma Patto dei Sindaci". Il Programma ha lo scopo di finanziare, relativamente alle spese preliminari (redazione del Bilancio delle Emissioni Inquinanti e del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile), i Comuni che vogliono sottoscrivere il Patto.

Questa azione di politica energetica si inserisce tra quelle volte al raggiungimento degli obiettivi previsti dal Decreto "Burden Sharing" (Letteralmente: Ripartizione degli oneri) per la Regione Siciliana, nella convinzione che la sfida che la Regione deve superare al 2020 possa raggiungersi con più facilità agendo in maniera distribuita sul territorio regionale, nell'ambito di settori quali trasporti, residenziale e terziario, che costituiscono circa il 65% degli interi consumi energetici della Regione (Osservatorio Regionale e l'Ufficio Statistico per l'Energia della Regione Siciliana, 2012). Nel Rapporto Energia 2012, si legge: «Diventa prioritario, responsabilizzare le singole amministrazioni locali verso azioni di interesse sia locale che regionale attraverso interventi rivolti alla riduzione dei consumi della propria comunità ed all'implementazione dello sfruttamento delle rinnovabili. Il raggiungimento degli obiettivi di Burden Sharing, assegnati alla Regione Siciliana, non si ritiene possibile con azioni svolte esclusivamente dalla sola amministrazione regionale. [...] La sfida Burden Sharing, se ben gestita e accompagnata, potrà avere riflessi positivi sia nella gestione del sistema energetico regionale che nell'ambito del contesto ambientale, sociale ed economico» (Osservatorio Regionale e l'Ufficio Statistico per l'Energia della Regione Siciliana, 2012).

La centralità del territorio, la valorizzazione e l'uso delle risorse locali come leva di sviluppo stanno diventando concetti sempre più comuni e condivisi oltretutto portanti rispetto agli assets europei. E' stata questa la ragione che ha portato alcune piccole realtà comunali della Regione ad aggregarsi, allo scopo di portare avanti una politica di sviluppo condivisa.

Questa nuova visione della città-territorio e dello spazio pubblico, può inoltre avere influenze significative sugli strumenti per lo sviluppo territoriale dei prossimi cicli di programmazione regionale. Un insieme di azioni integrate, coordinate e partecipate può portare, infatti, ad un maggiore e più proficuo utilizzo delle risorse provenienti dai fondi strutturali europei (FESR, FSE, FEASR).

Un esempio concreto di quanto azioni e interventi che garantiscano uno sviluppo diffuso, unitario ed equilibrato definiscano un approccio vincente di sviluppo locale, è quello sviluppato nell'Area delle Madonie all'interno del Programma Operativo

Interregionale (POI) “Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013” (Unione Europea, 2011). Il POI Energia è il risultato di un intenso lavoro di concertazione tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), il Ministero dell’Ambiente (MATTM), e le Regioni Italiane Obiettivo Convergenza ed un nutrito partenariato economico e sociale.

### ***2.1.1 Energia nelle Madonie: piani e interventi***

L’ambito territoriale del comprensorio Madonie coincide con la complessità di un sistema naturale e socio-culturale che si esplica all’interno di un ambito omogeneo, univoco e “unico” in riferimento all’intera regione sia per i valori espressi dalla sua struttura e morfologia fisica sia in ragione della semantica culturale, storica e attuale, che ha attivato e mantenuto il senso di una forte identità nel tessuto connettivo delle popolazioni insediate (Programma Operativo Interregionale, 2010). L’area è formata da quindici comuni (di cui la maggior parte con una popolazione residente inferiore ai 5.000 abitanti), che negli ultimi anni hanno cominciato a sviluppare progetti e piani, volti alla diffusione delle energie rinnovabili nell’ambito di un modello insediativo ed economico partecipato, basato sulla valorizzazione e il recupero delle risorse locali in un’economia di rete (Foresta, 2013).

Alcuni dati relativi all’analisi energetica dell’area (UNCCEM, 2012), mostrano come per quanto attiene all’energia prodotta da fonte rinnovabile (periodo 2010-2011), è possibile affermare che, allo stato attuale la produzione da biomasse è ancora molto ridotta e non statisticamente rilevante, nonostante la reperibilità di prodotti di scarto agricolo e forestale (Programma Operativo Interregionale, 2010), mentre sono presenti 4 impianti eolici per complessivi 123 MW. I dati sul fotovoltaico sono diversi: nelle Madonie ci sono 141 impianti pari al 6,2% del totale provinciale.

Come si intuisce da quanto detto, il territorio delle Madonie può avvalersi dell’uso combinato e integrato delle più comuni fonti di energia rinnovabili (sole, vento, salti idrici e biomasse, obiettivo tanto auspicato dalle politiche comunitarie e nelle declinazioni degli strumenti finanziari nazionali).

Il quadro tendenziale in questo specifico settore dovrebbe essere implementato dai nuovi progetti finanziati.

E’ apparso a tal fine necessario costruire un progetto di valorizzazione territoriale ampio e di lungo respiro, che tenga conto di tutti gli aspetti e di tutti gli interessi della comunità locale, basato su un modello di sviluppo a basso impatto: da ciò è nato la partecipazione del comprensorio madonita al progetto Green Communities (Regioni Obiettivo Convergenza), che si colloca all’interno del

Programma Operativo Interregionale “Energie Rinnovabili e risparmio energetico (FESR) 2007-2013”, finanziato da fonti comunitari e nazionali. Il progetto segue 4 linee di attività<sup>24</sup> e si concentra su: studi di fattibilità aventi ad oggetto interventi emblematici di efficienza energetica; definizione di un sistema di gestione, manutenzione e valorizzazione del patrimonio forestale delle Regioni Convergenza a fini energetici e climatici; attività di disseminazione degli studi, dei progetti e dei risultati conseguiti.

L’ambito territoriale, che aderisce al progetto Green Communities partecipa al Piano Integrato di Sviluppo Territoriale (Pist) n.22 “La città a rete Madonie - Termini”, finalizzato ad aumentare le sinergie accogliendo le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile enunciate nella Carta di Lipsia<sup>25</sup> per porre in essere l’obiettivo strategico territoriale del raggiungimento della certificazione territoriale (EMAS)<sup>26</sup>. Nell’ambito della linea di intervento Asse VI “Sviluppo urbano Sostenibile” del PO FESR Sicilia 2007-2013 sono stati finanziati numerosi interventi che riguardano l’efficientamento energetico degli edifici pubblici nei comuni della “Città a Rete Madonie-Termini”. Ricordiamo fra i più significativi: il recupero della centrale idroelettrica Catarratti a Petralia Sottana, la riqualificazione energetica e la rifunzionalizzazione dell’ex mattatoio comunale, lavori per la riduzione delle emissioni climalteranti - Interventi sulle centrali termiche di proprietà pubblica - PIST “Città a reti Madonie-Termini”.

Il modello Città a Rete Madonie è un esempio di governance, in continuità con le passate esperienze di programmazione negoziata e di progettazione integrata, che ha consentito di rafforzare la sussidiarietà attiva tra le istituzioni e tra i settori pubblico-privato. Gli interventi finanziati consentiranno di rafforzare gli obiettivi strategici a suo tempo elaborati, che si muovono nella direzione di garantire migliorare e attivare servizi, attrarre nuove imprese e nuove risorse umane qualificate e porre freno all’emigrazione e promuovere un nuovo sistema di mobilità.

---

<sup>24</sup> <http://www.parcodellemadonie.it/progetto-green-comunities-le-madonie-verso-una-rivoluzione-verde.html>

<sup>25</sup>La “Carta di Lipsia sulle Città Europee Sostenibili” è un documento degli Stati Membri, che è stato redatto nel 2007 con l’ampia e trasparente partecipazione delle parti europee interessate. Nella conoscenza delle sfide e delle opportunità e dei diversi patrimoni storici, economici, sociali ed ambientali delle città europee, i Ministri degli Stati membri responsabili per lo Sviluppo Urbano concordano su strategie e principi comuni per la politica di sviluppo urbano.

<sup>26</sup>Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) è uno strumento volontario creato dalla Comunità Europea al quale possono aderire volontariamente le organizzazioni (aziende, enti pubblici, ecc.) per valutare e migliorare le proprie prestazioni ambientali e fornire al pubblico e ad altri soggetti interessati informazioni sulla propria gestione ambientale. Esso rientra tra gli strumenti volontari attivati nell’ambito del V Programma d’azione a favore dell’ambiente. Scopo prioritario dell’EMAS è contribuire alla realizzazione di uno sviluppo economico sostenibile, ponendo in rilievo il ruolo e le responsabilità delle imprese. La seconda versione di EMAS (EMAS II) è stata pubblicata dalla Comunità europea con il regolamento 761/2001, modificato successivamente dal regolamento 196/2006. La terza versione (EMAS III) è stata pubblicata dalla Comunità europea il 22/12/2009 con il regolamento 1221/2009 che abroga e sostituisce il precedente regolamento.

Come si evince, i comuni della rete madonita, stanno investendo allo scopo di perseguire uno sviluppo locale, sostenibile e soprattutto condiviso facendo leva su una gestione territoriale condivisa anche a livello amministrativo. Di seguito sono elencati alcuni dei punti di forza del consorzio madonita:

- appartenenza ad un medesimo sistema naturale ecologico dove la biodiversità diventa espressione di caratterizzazione;
- appartenenza ad un Gruppo di Azione Locale (GAL) che rappresenta il primo traguardo di un'azione coordinata e partecipata che si è sviluppata con il concorso di 21 comuni del territorio e che sta a dimostrare quanto siano importanti gli strumenti della contrattazione negoziata (Leader II, Patti territoriali, Prust, Pit, etc.);
- presenza di gestione condivisa di servizi pubblici locali. I comuni e l'Ente Parco delle Madonie hanno sottoscritto una Convenzione per la definizione dei ruoli e delle funzioni in merito ad alcuni servizi pubblici (Istituzione dello Sportello Unico Associato per le Attività Produttive, Ufficio Tecnico Territoriale, Polo Catastale unico, Ufficio Unico per gli Espropri).
- presenza di gestione condivisa di servizi pubblici locali (ad esempio rete sociale a sostegno del welfare locale, realizzazione di un Punto Unico di Accesso dei servizi socio-sanitari, etc.)

Tra i comuni non mancano esempi particolarmente virtuosi, che in maniera autonoma continuano a perseguire le proprie strategie energetiche e che assumono indirettamente le veci di comuni pilota.

Il Comune di Petralia Sottana, per esempio, ha autonomamente partecipato nel 2008 al bando "Fonti Rinnovabili, Risparmio Energetico e Mobilità Sostenibile nelle Aree Naturali Protette" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: il progetto prevedeva una serie di azioni volte alla realizzazione di interventi di diffusione di impianti di produzione da fonte energetiche rinnovabili e di efficienza energetica. Il progetto denominato Madonie Rinnovabili prevedeva: la realizzazione di una filiera per l'approvvigionamento di biomassa di origine boschiva, la realizzazione di impianti fotovoltaici, la realizzazione di un centro culturale sulla fonti di energie rinnovabili e sul risparmio energetico e un bando rivolto ai cittadini del Comune di Petralia Sottana e del Parco delle Madonie per la fornitura di impianti di solare termico e caldaie a biomassa.

Fra i comuni virtuosi del distretto Madonie troviamo anche il comune di Castelbuono, che nel 2013 ha adottato il PAES secondo le specifiche previste dal Patto dei Sindaci (comune di Castelbuono, 2009). Gli impegni sono ambiziosi: la riduzione al 2020 delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 20% rispetto al 2005 attraverso azioni dirette che agiscono sul settore pubblico, sul settore residenziale, e sul settore dei trasporti. Nel settore pubblico l'azione più efficace riguarda l'affidamento ad una ESCO "Servizio Energia" relativo alla fornitura di energia verde certificata e all'esercizio, alla manutenzione e alla riqualificazione degli impianti della

illuminazione pubblica. Complessivamente le azioni previste per il settore pubblico dovrebbero ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'89% da circa 800t nel 2005 a meno di 100t al 2020.

L'area delle Madonie rappresenta quindi, all'interno del panorama siciliano, un esempio virtuoso di pianificazione per lo sviluppo locale nel settore dell'energia. Rimane comunque la questione che, per essere pienamente attivi nel processo di sviluppo, tutti i comuni appartenenti al consorzio dovrebbero partecipare in maniera attiva ed elaborare una propria strategia che parta dallo studio critico del territorio comunale, in modo da porre le basi per poter accogliere e sfruttare in maniera proficua eventuali benefici derivanti dalla futura programmazione regionale.

Se, come visto per il comune di Castelbuono, il Patto dei Sindaci può rappresentare il quadro di fondo per avviare tale sviluppo, l'area delle Madonie ha ancora molta strada da compiere visto che solo tre comuni (Castelbuono, Castellana Sicula e Petralia) al momento hanno aderito al Patto.

### ***2.1.2 Il quadro europeo: il Patto dei Sindaci***

Il Patto dei Sindaci costituisce la cornice europea per coinvolgere attivamente le città nella strategia verso la sostenibilità energetica e ambientale. L'iniziativa, lanciata nel 2008 nell'ambito della seconda edizione della Settimana europea dell'energia sostenibile, ha portato all'adesione di oltre 1600 città. Il Patto allo stato attuale si colloca tra i principali strumenti di sviluppo sul territorio nazionale dei principi di sostenibilità urbana, portando come valore aggiunto il merito di poter essere motore per il rilancio dell'economia e dell'immagine di molte realtà locali. Il progetto mette in atto un coinvolgimento dal basso, fornendo alle amministrazioni locali l'opportunità di impegnarsi in maniera concreta nella lotta al cambiamento climatico.

La grande risonanza che tale iniziativa ha avuto tra i comuni della Regione Sicilia, attualmente sono 89 su un totale di 390 i comuni siciliani che hanno sottoscritto il Patto (Osservatorio Regionale e l'Ufficio Statistico per l'Energia della Regione Siciliana, 2013), è probabilmente, ancor di più che in altre realtà nazionali, un indice di come l'inerzia propria di molte amministrazioni locali, possa essere vinta da una politica condivisa. Molte sono le città siciliane che si impegnano in maniera congiunta nella stesura di un PAES (Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile) comune, che attraverso l'unione di intenti e obiettivi sia in grado di rilanciare i centri urbani della Regione.

In tal senso si inseriscono le dichiarazioni del Governatore della Regione Sicilia, R. Crocetta: "Abbiamo avviato il Patto dei Sindaci per le energie rinnovabili aperto a tutti i comuni siciliani. Questo progetto consentirà oltre 5 miliardi di investimenti

e un'occupazione stabile per più di 20 mila persone"<sup>27</sup>, dichiarando così il peso che ricopre tale iniziativa nella politica energetica regionale.

### ***2.1.3 Il percorso intrapreso dalla città di Palermo: le fasi di redazione del PAES***

Il percorso intrapreso da Palermo con l'adesione al Patto dei Sindaci ha portato la città ad impegnarsi nel ridurre, entro il 2020, le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> di oltre il 20% rispetto ai livelli del 1990.

Per attuare tale impegno il Comune ha deciso di creare una struttura interna intersettoriale, denominata "Unità di Progetto Patto dei Sindaci" con il coordinamento tecnico del settore Ambiente. Il passo successivo alla sottoscrizione del Patto, al fine di tradurre l'impegno politico in misure e progetti concreti, è proprio la definizione di un Inventario di Base delle Emissioni (BEI) sulla base del quale costruire il Piano.

La Giunta Comunale di Palermo guidata da Leoluca Orlando<sup>28</sup> ha approvato nel luglio 2015 il PAES con il quale il Comune prevede di spendere entro il 2020 circa 107 milioni di euro. Se a questi sommiamo gli importi previsti per le tre grandi opere infrastrutturali per la mobilità (Anello Ferroviario, Tram e Passante Ferroviario) si raggiunge la quota di oltre un miliardo di euro di investimenti, destinati a ridurre di circa il 21% le emissioni di gas inquinanti nella città, migliorandone l'efficienza energetica ed offrendo nuovi servizi ai cittadini (Comune di Palermo, 2013).

Dalle analisi effettuate per la redazione del PAES (Fig. 6) emerge che i maggiori consumi energetici della città di Palermo sono addebitabili ai trasporti privati e commerciali e al settore residenziale e del terziario.

Nel passaggio dai consumi finali di energia alle emissioni di CO<sub>2</sub> aumenta il peso percentuale degli edifici del terziario e quello della residenza e diminuisce leggermente quello dei trasporti che resta però comunque il settore maggiormente inquinante.

Il Comune di Palermo ha identificato i settori prioritari di azione e le iniziative da intraprendere per raggiungere i propri obiettivi di riduzione di CO<sub>2</sub>, descritti nelle Schede di Azione allegate al PAES.

---

<sup>27</sup>In [www.siciliainformazioni.com](http://www.siciliainformazioni.com), 13 Settembre 2013, "Col Patto dei Sindaci, 20 mila nuovi posti di lavoro".

<sup>28</sup>Leoluca Orlando è stato Sindaco di Palermo a più riprese con maggioranze diverse sino al 2000; dal maggio 2012 dopo dieci anni di amministrazione di centro-destra è di nuovo sindaco della città.

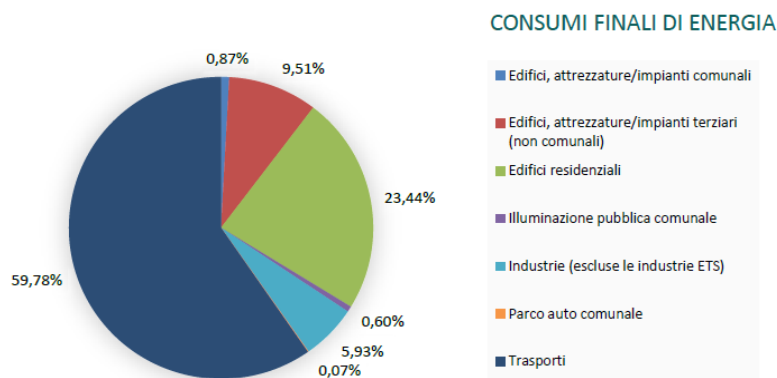


Figura 6. Consumi di energia del Comune di Palermo (Comune di Palermo, 2013).

Le azioni previste dal PAES interverranno nelle seguenti categorie:

- **Settore edilizio**, mettendo in atto azioni di risparmio energetico in edifici ed impianti di illuminazione pubblica. Per pianificare queste azioni l'Amministrazione si doterà di un Catasto Energetico, cioè di una banca dati dettagliata sulle caratteristiche termofisiche degli edifici e degli impianti ad essi associati e di un Piano di Illuminazione pubblica.
- **Settore trasporti**, affrontato con l'obiettivo di sviluppare una "mobilità sostenibile" attraverso un rinnovamento graduale del parco autoveicoli circolanti sul territorio e l'implementazione di sistemi di mobilità sostenibile.
- **Settore delle fonti rinnovabili**, promuovendo l'installazione di impianti fotovoltaici negli edifici privati e di sistemi rinnovabili di produzione di acqua calda sanitaria. A tal fine, il Comune, vuole facilitare la diffusione degli impianti fotovoltaici sul territorio attraverso iniziative di "green public procurement" (GPP<sup>29</sup>) per ridurre i costi di fornitura relativi all'acquisto di tale tecnologia.

Inoltre sono previsti programmi di sensibilizzazione, formazione e informazione dei cittadini e degli stakeholders, allo scopo di rendere concreto il cambiamento dal basso, rendendo possibile la partecipazione al rinnovamento volto a raggiungere una maggiore sostenibilità energetica del vivere e dell'operare. Ciò è di fondamentale importanza in una realtà come quella siciliana che molto spesso si mostra inerte nei confronti dei cambiamenti culturali e tecnologici che a livello europeo e nazionale muovono il mercato e lo sviluppo dei territori.

<sup>29</sup> Il Green Public Procurement (GPP), in italiano Appalto verde o Acquisti verdi della Pubblica Amministrazione è l'integrazione di considerazioni di carattere ambientale nelle procedure di acquisto della Pubblica Amministrazione, cioè è il mezzo per poter scegliere "quei prodotti e servizi che hanno un minore, oppure un ridotto, effetto sulla salute umana e sull'ambiente rispetto ad altri prodotti e servizi utilizzati allo stesso scopo" (U.S. EPA 1995) da Wikipedia. it.

Per il monitoraggio delle singole azioni del PAES il Comune si avvarrà di un Comitato di controllo, costituito da unità dell'Ufficio del Patto dei Sindaci e da esperti esterni (Università, etc.) e di strumenti idonei a dare larga diffusione dei risultati ai cittadini.

Per quanto concerne la copertura finanziaria delle Azioni previste, le risorse saranno reperite attraverso la partecipazione a bandi europei, nazionali<sup>30</sup> e regionali, attraverso forme di autofinanziamento (ricorso a risorse proprie e accesso al credito), ovvero attraverso forme di finanziamento tramite terzi ed ESCO.

Il Piano deve essere inteso come uno strumento dinamico che sarà arricchito attraverso il contributo volontario dei portatori di interesse.

I costi verranno ripartiti tra il 2014 e il 2020 seguendo l'attuazione graduale di ciascuna Azione del PAES. La realizzazione delle azioni previste fino al 2020 porta a un risparmio totale in termini assoluti pari a 400.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

### 2.1.2.1 AZIONI E INTERVENTI

Fra le azioni primarie dell'area "Risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili" si ritrovano progetti volti alla conoscenza e al continuo aggiornamento della condizione energetica degli edifici (Campagna di Energy audit negli edifici comunali, Catasto energetico informatizzato per gli edifici e per gli impianti), ma anche azioni che vedono l'Amministrazione comunale in prima linea nella riqualificazione energetica dei propri immobili, nell'efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica e della flotta veicolare per il trasporto pubblico, assumendo così quel valore di azioni dimostrative volte ad un graduale coinvolgimento del corrispondente comparto privato sia in termini di edilizia che di trasporto.

Il coinvolgimento dei privati è, infatti, il punto cardine per attuare un cambiamento reale in termini sia ambientali che culturali. A tal fine si inserisce all'interno del PAES l'azione di *Aggiornamento del capitolo energia del Regolamento Edilizio Comunale per la sostenibilità ambientale*. Tale azione pone l'Ente locale come promotore di un cambiamento che coinvolge tutti gli attori del processo edilizio, dai cittadini alle imprese, dai progettisti alle aziende, definendo un nuovo strumento di pianificazione che ha la possibilità di incidere concretamente ed in modo efficace sullo sviluppo sostenibile del territorio, oltre che mettere in moto un necessario processo di aggiornamento e formazione degli operatori del settore, costituendo quindi un volano per il rilancio dello stesso.

Per quanto attiene al settore trasporti e mobilità, gli interventi riguardano principalmente il potenziamento delle infrastrutture attuali che a Palermo si trovano in una condizione di estrema limitatezza riducendosi essenzialmente in trasporto su

---

<sup>30</sup>Per quanto concerne la partecipazione a bandi ministeriali, su queste tematiche l'Amministrazione Comunale di Palermo insieme alla città di Bagheria ha già partecipato lo scorso anno insieme all'Università di Palermo e al CNR-Itae di Messina al PON (bando Miur, Smart cities and communities). La proposta presentata dal titolo I-next è stata finanziata.



strada, di cui quello pubblico risulta poco efficiente. Infomobilità, intermodalità, sistema tramviario, anello ferroviario sotterraneo, car pooling, car sharing e bike sharing, sono gli obiettivi che la città di Palermo si pone al 2020 per migliorare la propria immagine turistica e la qualità di vita dei propri cittadini.

Di grande impatto, se condotte in maniera strategica, saranno per la città le azioni contenute nell'ambito dell'area del PAES "Informazione, formazione ed altre attività di comunicazione" tra le quali rientrano il *Progetto Energia a scuola*, in quanto la promozione didattica di un nuovo modo di rapportarsi con l'ambiente diventa un passo importante per porre le basi del cambiamento nelle generazioni future; la Promozione della Certificazione Energetica e del regime degli incentivi nazionali in tema di efficienza energetica e la Formazione di figure professionali con competenza sull'efficienza energetica e lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, che rientrano invece nel piano di "ristrutturazione del processo edilizio".

La ricchezza dei primi due settori è peraltro confermata dallo studio dal titolo *Efficientcities* (Siemens-Cittalia, 2012) dove Palermo è definita una *città in divenire*, cioè una città che registra "performance" sotto la media in molti indicatori (energia, mobilità, ambiente e immobili), pur tuttavia rispetto ad alcuni indicatori specifici potrà essere in grado di registrare "performance" nella media o superiori. Queste leve su cui puntare per il futuro sviluppo sono appunto la mobilità sostenibile e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio, settori prioritari del PAES.

Alla luce di quanto detto possiamo sottolineare come introdurre la variabile energia, nelle procedure di pianificazione e gestione del territorio, non solo risponde ad un obbligo di legge, ma rappresenta un'importante opportunità per lo sviluppo e il cambiamento della città nel quadro delle direttive e dei finanziamenti nazionali ed europei. Ciò vale soprattutto per le realtà, come quella palermitana e come tante altre siciliane, che si mostrano pronte al cambiamento ma necessitano di interventi, che tengano conto nell'ambito di un'attenta programmazione delle risorse locali e delle opportunità.

L'elemento innovativo del Patto dei Sindaci nel coinvolgere attivamente gli enti locali nella lotta ai cambiamenti climatici attraverso una diretta relazione con la Commissione europea fa sperare in un processo di reale sviluppo. Infatti, «questo provvedimento, così come le linee guida per il PRG, è uno di quelli che contribuiscono a determinare la cornice entro cui si muove e si muoverà l'azione amministrativa, che mira a disegnare la Palermo del futuro, più vivibile e più sostenibile»<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup>Dichiarazione del Sindaco di Palermo, Leoluca Orlando; Giornale di Sicilia del 10.07.2013, Energia sostenibile, entro il 2020 spesa di 107 milioni.

## Capitolo 3 – Definizioni e classificazioni di smart cities

**Sommario-** Il capitolo esplicita il concetto di *Smart city* attraverso una rassegna dei più famosi strumenti di classificazione proposti in letteratura. Partendo dal “Ranking of European medium-sized city”, primo strumento di classificazione sviluppato nel 2007 dall’Università di Lubiana ed il Politecnico di Delft e attraverso le definizioni susseguitesi negli anni e sviluppate da diversi gruppi di ricerca e enti internazionali e nazionali, il contributo vuole evidenziare la complessità e l’interdisciplinarietà della pianificazione smart, evidenziando gli ambiti pianificatori e alcune delle criticità presenti allo sviluppo di progetti o città smart. Il capitolo si conclude con una nuova proposta di classificazione in base alle caratteristiche del contesto.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Riva Sanseverino E., Vaccaro V. (2015). Capitolo 3- La classificazione delle smart cities e gli indicatori di smartness, in *Atlante delle smart city - Comunità intelligenti europee ed asiatiche*, volume 170, 3° Edizione, Franco Angeli, pp 55-66.
- Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Vaccaro V. (2016). Chapter 1- General Overview, in *Smart Cities Atlas, Western and Eastern Intelligent Communities*, Springer International Publishing, Springer, pp. 3-21. ISBN 978-3-319-47361-1

### 3.1. Il successo delle iniziative smart cities ed alcune criticità allo sviluppo

L’attuazione del concetto di *smart city*, segue percorsi molto vari a seconda degli obiettivi, dei finanziamenti e della dimensione di ogni singola città. La Fig. 7 mostra le sinergie tra i vari ambiti di interesse e tra i vari attori che concorrono alla definizione di una *smart city* sintetizzando come il concetto veda un coinvolgimento circolare di vari aspetti al fine di definire “progetti pluridimensionali”.

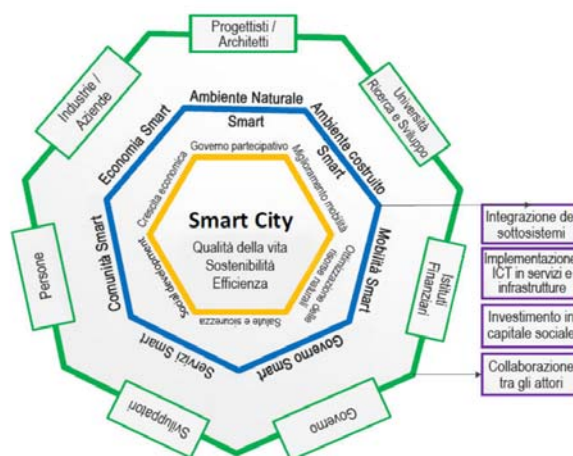


Figura 7. Sintesi degli aspetti di interesse in una Smart city (<http://www.smartcityitalia.net/>)

Dai casi studio di realtà che hanno portato avanti progetti *smart* (Manville et al., 2014), si nota come la *vision* nello sviluppo dei vari progetti abbracci definizioni di *smart city* non univoche. Le definizioni possibili sono infatti svariate (Tab. 2).

Tabella 2. Alcune delle possibili definizioni del concetto di smart city.

Definizioni olistiche	Fonte
A city to be smart when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance.	Caragliu et al., 2009
[Smart Cities are about] leveraging interoperability within and across policy domains of the city (e.g. transportation, public safety, energy, education, healthcare, and development). <i>Smart city</i> strategies require innovative ways of interacting with stakeholders, managing resources, and providing services.	Nam & Pardo, 2011
Smart Cities combine diverse technologies to reduce their environmental impact and offer citizens better lives. This is not, however, simply a technical challenge. Organisational change in governments – and indeed society at large – is just as essential. Making a city smart is therefore a very multidisciplinary challenge, bringing together city officials, innovative suppliers, national and EU policymakers, academics and civil society.	Smart Cities & Communities (2013)
Definizioni focalizzate sulla tecnologia	Fonte
Cities [should be seen as] systems of systems, and that there are emerging opportunities to introduce digital nervous systems, intelligent responsiveness, and optimization at every level of system integration.	MIT (2013)
In a <i>Smart city</i> , networks are linked together supporting and positively feeding off each other, so that the technology and data gathering should: be able to constantly gather, analyse and distribute data about the city to optimise efficiency and effectiveness in the pursuit of competitiveness and sustainability; be able to communicate and share such data and information around the city using common definitions and standards so it can be easily reused; be able to act multifunctionally, which means they should provide solutions to multiple problems from a holistic city perspective.	Copenhagen Cleantech Cluster (2012) <sup>32</sup>

Nonostante la diversità delle definizioni, la storia che raccontano i progetti di successo (Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2015a), delinea alcuni fattori per il buon esito dei progetti *smart city*:

- una chiara visione di sviluppo a lungo termine della città che comprenda l’inclusione di tutte le aree urbane, senza focalizzarsi sullo sviluppo di ristrette aree o quartieri in modo da non accentuare la separazione e la

<sup>32</sup><http://www.cphcleantech.com/> in (Manville et al., 2014)

- divisione tra aree periferiche (solitamente di sviluppo polpolare) e i quartieri centrali;
- partecipazione attiva dei cittadini alla *vision di sviluppo urbana*, in modo da creare un senso di appartenenza e di impegno degli stessi nello sviluppo delle iniziative; è importante favorire ambienti partecipativi che facilitano l'incontro tra cittadini, imprese e settore pubblico in modo da stimolare la collaborazione;
  - la creazione di un ufficio centrale - modello Urban Center<sup>33</sup>, UC -che funga da coordinamento di idee e progetti e da intermediario tra le diverse parti interessate; il coordinamento a livello locale può anche essere importante per l'acquisizione di nuove idee e l'integrazione di soluzioni già in atto da parte di aziende o associazioni private o per lo sviluppo di nuove iniziative che partano da progetti in atto. Per esempio, molti comuni insistono sul fatto che le informazioni sui servizi pubblici rientrino tra gli *open data* comunali. Questo consente agli individui e alle aziende che gestiscono servizi affini alla mobilità cittadina di combinare questi e altri dati disponibili per creare risorse utili per il pubblico, per esempio, ottenere informazioni sul traffico in tempo reale;
  - la scalabilità e la riproducibilità dei progetti in altre località; la maggior parte dei progetti *smart*, soprattutto che coinvolgono le infrastrutture (micro reti intelligenti e mobilità intelligente), infatti, vengono testate in realtà di estensione territoriale limitata (ad esempio quartieri) ma hanno in sé un carattere di alta scalabilità e riproducibilità. Il testing a scale ridotte facilita il successo delle iniziative in quanto limitando i tempi di esecuzione e le variabili coinvolte, limita anche i rischi di insuccesso. Scalabilità e riproducibilità sono parametri meno presenti in progetti molto legati alle caratteristiche locali (come ad esempio progetti relativi a sistemi di gestione delle risorse, alla realizzazione di quartieri intelligenti o progetti legati ad azioni di efficienza in ambito edilizio), per i quali il successo delle iniziative si traduce nella capacità di trarre metodologie d'approccio che possano essere scalabili e riproducibili in realtà diverse;
  - l'interazione tra i progetti e la possibilità di ampliare la portata di progetti esistenti (l'aggiunta di partecipanti o aree) in modo da creare uno sviluppo a rete che coinvolga il più possibile i vari ambiti della *smart city* (la realizzazione di "infrastrutture multi servizio" per esempio è un obiettivo relativo a tale parametro);
  - in materia di strumenti di finanziamento delle iniziative, si osserva che fuori dall'Italia, in Europa ma anche in Asia, si fa ampiamente ricorso alla

---

<sup>33</sup>L'interesse per il fenomeno UC è legato all'evoluzione che queste strutture possono rappresentare per le autorità di governo locale. Un'intrigante opportunità per sperimentare nuove forme di democrazia partecipativa e deliberativa, non limitata agli aspetti passivi di tipo comunicativo-informativo, ma finalizzata alla costruzione condivisa delle linee guida delle politiche urbane ([www.urban-center.org](http://www.urban-center.org)).

partnership Pubblico-Privato come pilastro sul quale basare progetti di ogni dimensione.

In Italia, il ricorso a tali strumenti, in riferimento soprattutto alla partnership pubblico-privata, rimane limitato, soprattutto per la difficoltà di inserirli nello specifico contesto normativo italiano, per fenomeni di corruzione o di diffidenza da parte degli amministratori, oltre al problema di trovare forme di remunerazione del soggetto privato, ed per una generale diffidenza verso strumenti di project financing alla base di numerose iniziative pubblico-private.

Su questo ultimo aspetto il Comitato per le comunità intelligenti istituito dall’Agenzia per l’Italia Digitale (AgID) sta elaborando un set di modelli di coinvolgimento e cooperazione finanziaria possibili. Questi dovrebbero con più facilità potere essere compresi e illustrati ai cittadini da parte dei decisori pubblici.

Inoltre nonostante, le politiche europee, come visto in precedenza, siano ben consapevoli dell’importanza cruciale delle città nello sviluppo di stati e territori, tuttavia, gli aspetti di contesto, gli aspetti socio-culturali e normativi e i bisogni dei cittadini sono ancora, in molti paesi e per i diversi contesti urbani, non ben indirizzati. Le politiche comunitarie ed alcune particolari iniziative transfrontaliere cercano di affrontare questi “aspetti di contesto”, anche se ancora, nei molti documenti ufficiali ciò sembra mancare.

In Italia, come in molti altri paesi, più di un terzo dei progetti Smart Cities sono portati avanti utilizzando fondi provenienti dall’Unione europea (come Horizon 2020, LiFe +) o bandi emessi a livello nazionale (come ad esempio i progetti del Ministero della Pubblica Istruzione del 2013 per “Smart Cities and Communities” o i bandi regionali FESR - Fondo europeo di sviluppo regionale).

Le risorse pubbliche ridotte, provenienti principalmente dall’UE sono, in alcuni paesi il mezzo primario per attivare iniziative di *Smart city*.

Il punto di rottura in tal senso è che in alcuni paesi gli investimenti sono considerati solo dei costi poiché tradizionalmente nel passato, molte azioni di sviluppo o di utilizzo di nuove tecnologie, sono state portate avanti senza un’adeguata attenzione agli aspetti contestuali e senza target specifici e misurabili. In merito, per la definizione di azioni con un notevole impatto economico, è interessante analizzare i risultati dello studio condotto dall’Osservatorio *Internet of Things*<sup>34</sup> presso l’Università Politecnico di Milano. Nell’analisi è introdotto il concetto di *Smart Urban Infrastructure* (SUI) e dimostrando che la creazione di un SUI per fornire tre servizi essenziali (misurazione intelligente del gas, illuminazione

---

<sup>34</sup>L’Osservatorio nasce nel 2011 per rispondere al crescente interesse di aziende pubbliche e private verso le potenzialità offerte dal nuovo paradigma dell’Internet of Things (IoT, Internet delle cose: infrastruttura di rete globale, dinamica e con capacità di auto configurarsi e funzionalità basate su protocolli di comunicazione standard e interoperabili, in cui gli oggetti fisici e virtuali hanno un’ identità, attributi fisici, personalità virtuale e utilizzano interfacce intelligenti, oltre ad essere perfettamente integrati nella rete info-telematica). <http://www.osservatori.net/internet-of-things>

intelligente, raccolta dei rifiuti) per una città di medie dimensioni, consente, rispetto a una gestione non coordinata di questi servizi, un risparmio del 25-50% dei costi di investimento e il 50-70% dei costi operativi.

### 3.2 La classificazione delle *smart city* e gli indicatori di smartness

Oltre all'aspetto finanziario, di cui si è accennato nel precedente capitolo, i progetti di successo di città smart (Manville et al., 2014; Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2015a) mostrano come occorra individuare linee guida per le amministrazioni locali che vogliano intraprendere un percorso di conversione della propria città in *smart city*.

Il ragionamento sulla classificazione delle città può certamente essere di aiuto, in tal senso, per comprendere come creare degli strumenti concreti per raggiungere gli obiettivi che ci si pone in termini di sostenibilità e di integrazione delle funzioni urbane e cercare di rispondere a domande come:

- “Quali misure occorre implementare in un dato contesto urbano per migliorare il livello di smartness?”
- “Come si può misurare la smartness di una città e quindi con che realtà si può paragonare un dato contesto urbano nel suo processo di sviluppo smart?”.

Dalla complessità che presenta ogni singolo contesto urbano e dalle sue funzioni è facile comprendere che tale misura dipenderà da diversi fattori ciascuno variabile su una scala completamente diversa.

E' per rispondere a tali quesiti che in letteratura ma anche in alcune grandi compagnie e società internazionali, si sono sviluppati vari strumenti per misurare la smartness dei contesti urbani.

Gli strumenti di classificazione più noti in tal senso sono: il *Ranking of European medium-sized city* (Giffinger, 2007), *The Smart Cities Wheel*<sup>35</sup>, *iCity Rate* (Vanolo, 2013), *Smart city Index*<sup>36</sup> (Shapiro, 2006) e la recente ISO 37120:2014 “*Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life*”(International Organization for Standardization, 2014,a).

Il “Ranking of European medium-sized city” è stato il primo strumento di classificazione sviluppato. Gli studi, condotti nel 2007 dal Politecnico di Vienna, in collaborazione con l'Università di Lubiana e il Politecnico di Delft, si concentrano su città di media grandezza.

---

<sup>35</sup><http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology>

<sup>36</sup> [http://www.repubblica.it/tecnologia/2016/03/15/news/smart\\_city\\_index\\_2016\\_bologna\\_in\\_testa\\_con\\_milano\\_e\\_torino-135527375/](http://www.repubblica.it/tecnologia/2016/03/15/news/smart_city_index_2016_bologna_in_testa_con_milano_e_torino-135527375/)

Il risultato della ricerca, pubblicato nel 2008 (Giffinger R., et al., 2008), ha messo a confronto per la prima volta un campione di 70 città europee<sup>37</sup> che nella percezione dei ricercatori risultano confrontabili in quanto presentano alcune caratteristiche comuni: una popolazione compresa tra i 100.000 e i 500.000 abitanti, un bacino di utenti inferiore a 1,5 milioni di persone e la presenza di almeno un'università.

Le 70 città europee sono state classificate facendo riferimento ai sei driver che definiscono la *smart city* e ad alcuni indicatori di valutazione del grado di smartness, elencati di seguito:

- **Smart economy**: che si specificano con fattori come l'innovatività, l'imprenditorialità, la capacità di trasformare idee in progetti concreti;
- **Smart mobility**: accessibilità locale e infomobilità, utilizzo di veicoli non inquinanti, rete di sensori urbani, mobilità *on demand*, sostenibilità e sicurezza dei trasporti pubblici, che si declina sia in termini di facilità di accesso dall'esterno, sia di semplicità negli spostamenti rispetto ai diversi luoghi di interesse.
- **Smart environment**: che si specifica in termini di capacità del territorio di realizzare uno sviluppo sostenibile rispetto all'utilizzo ottimizzato delle risorse ambientali, sia come utilizzo del territorio, sia come gestione energetica;
- **Smart people**: sviluppo dell'identità culturale, interazione e comunicazione sociale, creatività individuale/sociale, inclusione sociale e pluralità etnica, partecipazione alla vita pubblica e al processo decisionale, legata a fattori di capacità delle persone (dei "cityuser"), dal grado d'istruzione, all'apertura mentale, alla creatività;
- **Smart living**: basata su fattori come la qualità dell'offerta culturale, delle condizioni di salute e sicurezza, la coesione sociale, l'offerta educativa;
- **Smart governance**: partecipazione al processo decisionale servizi pubblici e sociali, governo trasparente, che si esplica, di fatto, nell'attuazione dell'*open government* a livello territoriale e nella presenza di una visione e di una strategia condivise.

Nella classifica del 2008 al primo posto si trova la città di Lussemburgo (mentre al 45° posto si trova Trento, la prima dei quattro capoluoghi Italiani presenti in classifica). Il Lussemburgo si è distinto per il settore *economy*, che è stato considerato ad un ottimo livello di *smartness*, soprattutto relativamente ad immagine economica e produttività internazionale. Anche se le persone non sembrano così creative, d'altra parte il Lussemburgo ha mostrato una buona miscela etnica e ogni cittadino parla almeno una lingua straniera. Ancora oggi nel sito web

---

<sup>37</sup>Le città di media grandezza più smart si trovano in Finlandia, in Danimarca, in Austria, in Germania e nel Benelux. Lo studio evidenzia quali leve i politici, le amministrazioni e gli abitanti stessi devono mettere in atto per aumentare il grado di "smartness" della propria città. <http://www.smart-cities.eu/>

“Marketplace for of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities”<sup>38</sup>, il Lussemburgo si impegna per raggiungere una mobilità urbana sostenibile, per la realizzazione di quartieri urbani sostenibili, infrastrutture integrate e per l’attenzione ai cittadini e allo sviluppo di modelli di business, finanza e approvvigionamento intelligenti.

Le azioni di base sono:

- elettrificazione dei trasporti pubblici;
- intermodalità dei trasporti;
- riqualificazione energetica dei quartieri della città ad ampia scala;
- realizzazione di distretti ed edifici ad energia quasi zero;
- implementazione di *smart grid* (reti intelligenti di trasporto dell’energia elettrica);
- monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture.

Nel 2012, la rivista americana Fast Company ha pubblicato uno studio sulla misurazione del livello di smartness delle città Europee (The Smart Cities Wheel), condotto dallo stratega urbano e del clima Boyd Cohen, i cui indicatori sono riportati in Tab. 3). Secondo la classifica di Cohen, la città più smart d’Europa è Copenaghen.

Tabella 3. Dimensioni e attributi della Smart city<sup>39</sup> (International Telecommunication Union, 2014).

Dimension	Attribute	Descriptor	Description
Environment	Smart buildings	Sustainability certified buildings	Number of LEED or BREEAM sustainability certified buildings in the city
	Resource management	Total energy consumption	Annual total electrical energy consumption per capita (in MWh)
			Annual electricity consumption per capita (MWh)
		Carbon footprint	Annual CO <sub>2</sub> emissions per capita (in tonnes)
	Waste generation	Annual total waste volume generated by the city per capita (kg)	
Annual household waste per capita (in kg)			
Sustainable urban planning	Green space per capita	Urban green open areas per capita (in m <sup>2</sup> )	
Mobility	Efficient transport	Clean-energy transport	Percentage of clean-energy transport use (electric train, subway/metro, tram, cable railway, electric taxis, bicycles)

<sup>38</sup><https://eu-smartcities.eu/action-clusters>

<sup>39</sup><http://www.boydcohen.com/smartcities.html>



Dimension	Attribute	Descriptor	Description
	Multi-modal access	Public transport use	Percentage of public transit trips/Total trips
	Technological infrastructure	Access to real-time information	Number of public transit services that offer real-time information to the public: 1 point for each transit category up to 5 total points (bus, regional train, metro, rapid transit system (e.g. bus rapid transit system, BRT, tram), and sharing modes (e.g. bike sharing, car sharing))
Government	Online services	Online procedures	Number of online procedures performed/total procedures
	Infrastructure	Wi-Fi coverage	Number of Wi-Fi – 33 hotspots per km <sup>2</sup>
		Diversity of sensors	Diversity of installed sensors to monitor the following categories (1 to 5 points): air and noise contamination; waste, transit, emergency, other
	Open government	Municipal human resources	Percentage of administrative employees with university degree
		Datasets	Total number of open datasets (excluding regulations/laws) with information for the last three years
Open data	Number of publicly available applications utilizing open data		
Economy	Opportunity	New start-ups	Number of new opportunity-based start-ups
		R + D	Percentage of GDP invested in R&D in private sector
	Productivity	GRP per capita	Gross regional product (GRP) per capita (in USD)
	Local and global connection	ICT cluster	Percentage of ICT companies based in local clusters
		International-held events	Number of international congresses and fair attendees.
Society	Integration	Internet-connected households	Percentage of Internet-connected households
		Gini index	Gini coefficient of inequality
	Education	University graduates	Number of university Graduates per 1000 inhabitants
Creativity	Creative industry jobs	Percentage of labour force (LF) engaged in creative industries	
Quality of life	Culture and well-being	Life conditions	Percentage of inhabitants with housing deficiency in any of the following five areas (potable water, sanitation, overcrowding, deficient material quality, or lacking electricity)
		Investment in culture	Percentage of municipal budget allocated for culture
	Safety	Crime	Number of crimes per 100,000 inhabitants
	Health	Life expectancy	Life expectancy at birth

In Italia, invece, un primo tentativo di misurazione del livello di smartness delle città è stato condotto dalla società FORUM PA s.r.l.<sup>40</sup>, che ha proposto l'indice *I City rate*, che confronta dal 2012 le città sulla base di 150 indicatori significativi sulla base di 6 diversi aspetti: smart economy, smart people, smart environment, smart mobility, smart governance, smart living.

Nella classifica *I City rate* 2014 Milano occupa il primo posto.

Ciò che si può osservare è che dal 2012 al 2014 ai primi posti della classifica primeggiano le città di medie dimensioni che, come commentato dai ricercatori, costituiscono la spina dorsale del sistema urbano italiano. Sud e Nord Italia sono fortemente differenti con un ritardo sempre maggiore delle città del sud rispetto alle iniziative di *Smart city*.

Già da diversi anni, la società Between<sup>41</sup> prima e la Ernst & Young dopo, effettuano un monitoraggio della diffusione delle ICT (dalla banda larga alle piattaforme di servizi digitali) nelle città italiane, dando luogo allo *Smart city index*, un ranking di tutti i 116 comuni capoluogo di provincia italiani (individuati dall'ISTAT), basato su tre elementi:

- Valutazione delle infrastrutture tecnologiche;
- Indagini ad hoc effettuate da Between ed uso di dati da fonti istituzionali (ISTAT, MIUR, ecc.);
- Analisi di una vasta gamma di aree tematiche, dalle infrastrutture a banda larga ai servizi digitali, fino agli indicatori relativi allo sviluppo sostenibile delle città (mobilità sostenibile, energie rinnovabili, efficienza energetica e gestione di aria, acqua e rifiuti).

La classifica si fonda sull'idea che la *Smart city* di oggi debba avere una diversa struttura logistica basata su quattro layers fondamentali:

- Un'infrastruttura di base, elemento abilitante per la costruzione di una logica *smart* delle funzioni urbane;
- Una rete di sensori tecnologici interoperabili, per raccogliere *big data* e per la gestione da remoto;
- Una *deliveryplatform* per l'elaborazione e la valorizzazione dei *big data* del territorio;
- Una serie di applicazioni e servizi che creino un valore aggiunto per la città<sup>42</sup>.

Si tratta di una classifica che esalta i servizi digitali e che premia le città che attraverso questi strutturano interventi sulle più diversificate aree tematiche (Smart Culture & Travel, Smart Urban Security, Smart Justice sono alcune di queste).

---

<sup>40</sup> <http://www.forumpa.it/citta-e-territorio/icity-rate-ecco-la-classifica-delle-citta-italiane-piu-smart>

<sup>41</sup> Società italiana leader di consulenza tecnologica strategica che opera nel settore dell'Information & Communication Technology (ICT), con particolare attenzione alle telecomunicazioni.

<sup>42</sup>Fonte: "Smart City Index-Presentazione risultati 2014", Comunicato stampa del 24/05/2014, Beetween.

In questa indagine, già dal 2013, la città di Bologna occupa stabilmente il primo posto seguita nel 2016 da Milano e Torino<sup>43</sup>.

Ciò che emerge dalla classifica è che, la dimensione della *Smart city* richiede risorse, soggetti e mercato che più facilmente si trovano nelle aree metropolitane penalizzando le piccole città. L'accelerazione nelle realizzazioni che riguardano l'innovazione (banda ultralarga, open data, App), riscontrata nell'ultimo anno, ha ulteriormente allargato il divario tra le città grandi e medie, già interessate da questi fenomeni, e le città piccole.

Le aree metropolitane<sup>44</sup> infatti si confermano anche quest'anno tra le prime posizioni con 5 città nelle prime 10; tuttavia, la maggior parte delle aree metropolitane del Sud non riesce a tenere il passo rimanendo nelle retrovie.

Interessanti sono anche i risultati emersi dal confronto tra il ranking dello *Smart city Index* e la classifica dell'indice della Qualità della Vita del Sole 24 Ore che dimostra una buona correlazione tra livello di Smartness e la qualità della vita nelle città.

Dal ranking risulta evidente l'importanza che riveste la dimensione regionale. Le politiche regionali, infatti, influiscono sul livello di innovazione in particolar modo su alcune aree tematiche come Sanità, Scuola, Efficienza Energetica, Energie Rinnovabili.

Per misurare la smartness e gestire la complessità della città nelle sue componenti e nei suoi target è necessario individuare indicatori rappresentativi che integrano l'analisi del benessere sociale con quella della sostenibilità dell'ambiente urbano e della sostenibilità degli stili di vita delle persone<sup>45</sup>.

L'ISTAT è impegnato nel monitoraggio delle città e comunità intelligenti<sup>46</sup> e nei progetti Bes ed UrBes per assicurare la base informativa per misurare la qualità della vita nelle città.

Il progetto BES (Benessere equo e sostenibile) è finalizzato all'individuazione di misure idonee a rappresentare il benessere dei cittadini; si affianca alle informazioni macroeconomiche tradizionali<sup>47</sup>. Il progetto UrBes (Benessere equo e sostenibile in ambito urbano-metropolitano) mutua lo schema teorico del Bes e lo declina a livello urbano (Ferrari & Morrone, 2014).

---

<sup>43</sup> [http://www.repubblica.it/tecnologia/2016/03/15/news/smart\\_city\\_index\\_2016\\_bologna\\_in\\_testa\\_con\\_milano\\_e\\_torino-135527375/](http://www.repubblica.it/tecnologia/2016/03/15/news/smart_city_index_2016_bologna_in_testa_con_milano_e_torino-135527375/)

<sup>44</sup> L'area metropolitana è una zona circostante una conurbazione che per i vari servizi dipende dalla città centrale ed è caratterizzata dall'integrazione delle funzioni (di mobilità ad esempio) e dall'intensità dei rapporti che si realizzano al suo interno, relativamente ad attività economiche, servizi essenziali alla vita sociale, nonché alle relazioni culturali e alle caratteristiche territoriali.

<sup>45</sup> La scelta degli indicatori è critica poiché può amplificare o minimizzare un fenomeno orientando così il risultato dell'analisi e le politiche da intraprendere.

<sup>46</sup> Il monitoraggio delle città e comunità intelligenti è sviluppato dall'Istat (Legge n.221/2012) nell'ambito dell'omonimo Comitato tecnico "Comunità intelligenti" operante presso l'Agenzia per l'Italia digitale (Agid).

<sup>47</sup> Il framework del Bes considera come dimensioni: salute, istruzione e formazione, lavoro e conciliazione tempi di vita, benessere economico, relazioni sociali, politica e istituzioni, sicurezza, benessere soggettivo, paesaggio e patrimonio culturale, ambiente, ricerca e innovazione e qualità dei servizi.

Per l'analisi della qualità ambientale delle città, il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA/ARPA/APPA) da dieci anni predispone un set di indicatori ambientali che sono rivisitati, aggiornati e arricchiti ogni anno e che concorrono alla valutazione della qualità della vita nelle aree urbane italiane.

Il X Rapporto ISPRA sulla Qualità dell'ambiente urbano<sup>48</sup> (ISPRA, 2014), riporta i dati relativi alle principali tematiche ambientali<sup>49</sup> per 73 comuni capoluogo di provincia con popolazione superiore ai 50.000 abitanti. Il Rapporto divulga le informazioni ambientali disponibili a livello nazionale e restituisce ai vari soggetti interessati (amministratori, tecnici, cittadini) un corpus di informazioni, confrontabile e utile ad approntare politiche di sostenibilità alla scala locale.

La conoscenza e la corretta interpretazione dei dati aiuta a governare il cambiamento e a promuovere un modello di società, intelligente, sostenibile e inclusiva. Conoscere i fenomeni sociali, economici, ambientali e culturali che nella città contemporanea sono sempre più complessi, articolati e frammentati consente di saper governare. «If you can't measure it, you can't manage it», scrive Bloomberg, ex sindaco di New York, nell'introdurre *The Responsive City* (Goldsmith & Crawford, 2014). Goldsmith sostiene che una nuova cultura di governo delle città, che mette la conoscenza al centro dei poteri decisionali utilizzando metodologie di *data analysis* e nuove tecnologie per elaborare informazioni strategiche di interesse sociale prodotte dai suoi diversi uffici e dai cittadini, risponde ai bisogni della città in modo efficace, trasparente e più economico. Riferimenti interessanti sono gli esempi delle città di New York, Boston, Rio de Janeiro, Stoccolma, Indiana, e Chicago.

La centralità dello Smart Planning nella politica europea è stata di recente confermata dai settori finanziabili tramite i fondi strutturali dalla nuova programmazione 2014-2020 che permette agli enti pubblici di accedere ai contributi dell'UE al fine di accrescere l'efficienza istituzionale, migliorare la qualità dei servizi pubblici e l'utilità dei progetti per le infrastrutture di tutte le pubbliche amministrazioni.

In linea con la necessità di utilizzare strumenti di valutazione della smartness delle città che siano condivisi e utilizzabili dalle amministrazioni locali, di recente l'ISO (Organismo Internazionale di Standardizzazione) ha emanato la norma ISO 37120:2014 "*Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life*" (International Organization for Standardization, 2014,a),

---

<sup>48</sup>Il Rapporto 2014 è accompagnato da un documento di valutazione integrata dal titolo "L'ambiente urbano: conoscere e valutare la complessità", dove per la prima volta si propone una lettura trasversale di temi ambientali e dal Focus "Le città e la sfida dei cambiamenti climatici" che propone un repertorio di visioni, di iniziative e di politiche per la riduzione dei gas serra (mitigazione) e per l'adattamento delle nostre città ai cambiamenti climatici.

<sup>49</sup>I temi ambientali analizzati sono: Fattori sociali ed economici, Suolo e territorio, Natura urbana, Rifiuti, Acque, Emissioni e qualità dell'aria, Edilizia sostenibile, Trasporti e mobilità, Esposizione all'inquinamento elettromagnetico e acustico, Turismo, EMAS e sostenibilità locale, Comunicazione e informazione.

il primo standard internazionale che individua un insieme integrato di indicatori per la misura dello sviluppo sostenibile delle città.

La norma fa parte di una nuova serie di norme internazionali in fase di sviluppo per un approccio olistico e integrato dello sviluppo sostenibile e la resilienza delle città. Gli indicatori forniscono un approccio uniforme riguardo a ciò che è misurabile e che può costituire un parametro d'indirizzo per gli amministratori che vogliono elaborare una pianificazione smart sulle città. La conformità con questo standard non conferisce uno status delle città e neanche permette di definire un giudizio di valore in questo senso ma fornisce uno strumento di valutazione per scenari di sviluppo riguardanti i servizi della città e la qualità della vita e il loro sviluppo nel tempo. Lo scopo degli indicatori, infatti, è quello di essere utilizzati per tenere traccia e monitorare i progressi sulle prestazioni della città (International Organization for Standardization, 2014,a).

La novità rispetto ai precedenti strumenti di ranking analizzati è quello che concretizza, attraverso la norma, la definizione olistica del concetto di *smart city*. Al fine di raggiungere uno sviluppo sostenibile delle comunità urbane, infatti, deve essere preso in considerazione l'intero sistema città.

La valutazione osserva i seguenti ambiti: economia (gli indicatori valutano lo stato di occupazione dei cittadini e il benessere economico della comunità); formazione (gli indicatori valutano alfabetizzazione ed il livello culturale della popolazione); energia (gli indicatori permettono di valutare l'accesso ai servizi energetici, il grado di sostenibilità degli stessi oltre che i consumi medi della comunità); ambiente (indicatori relativi al grado di inquinamento ambientale del contesto urbano); finanza (indicatori relativi alla produttività e crescita di PIL); risposta alle emergenze (indicatori relativi alla misura della resilienza urbana e della risposta agli eventi calamitosi di qualsiasi natura); governance (corruzione; partecipazione dei cittadini alla politica locale; integrazione di genere nei processi politici sono alcuni dei punti valutabili); salute (sanità pubblica e longevità dei cittadini); spazi ricreativi (spazi per il tempo libero); sicurezza; rifiuti (produzione e riutilizzo dei rifiuti); trasporti ed infrastrutture per la mobilità; servizi di telecomunicazione (banda larga e accesso ai servizi di telecomunicazione); pianificazione urbana (spazi verdi); acque reflue (raccolta delle acque reflue e riuso); abitazioni (numero di senza tetto e percentuale di cittadini che vive in baracche); acqua (accesso all'acqua potabile; consumi idrici e status consistenza del sistema idrico urbano).

Gli indicatori sono stati anche classificati secondo una scala di importanza. Vengono individuati infatti indicatori "obbligatori", la cui misura è indispensabile per la valutazione globale del contesto e "indicatori di supporto" che danno informazioni aggiuntive e più specifiche per alcune tematiche.

Un'altra novità della norma sta nel fornire "indicatori di profilo" che forniscono statistiche e informazioni di base (best practices) utili alle città che vogliono un riferimento.

Come esplicitato nella stessa norma ISO, questa è applicabile a qualsiasi città, municipalità o governo locale che si impegni a valutare la propria performance in modo comparabile e verificabile, indipendentemente dalle dimensioni e dalla ubicazione.

Se da un lato infatti può essere utile avere un univoco strumento di valutazione che permetta di paragonare sulla base di parametri condivisi la smartness delle città a livello mondiale, dall'altro ci si chiede se ciò sia abbastanza per aiutare gli amministratori nel loro ruolo di pianificatori di smart cities.

### **3.3 Una nuova proposta per la classificazione delle città**

Per quanto tutti gli strumenti di classificazione presentati nel precedente paragrafo si avvalgano di basi di dati ampie e attendibili, tutti tengono in scarsa considerazione o non tengono per nulla in considerazione le condizioni preesistenti, ossia le caratteristiche locali di tipo geografico, ma anche quelle di ordine culturale, politico, economico e sociale che influenzano fortemente lo sviluppo di misure pianificatorie atte a migliorare la smartness urbana. Tali caratteristiche preesistenti, se non considerate, conducendo ad una classificazione fra realtà urbane in effetti *non confrontabili*.

Il lavoro presentato in questo paragrafo, si propone di affrontare questa mancanza, identificando alcuni parametri di classificazione delle città che considerino anche il contesto. L'intenzione è quella di proporre un metodo per l'identificazione di città "modello" o "benchmark" a cui fare riferimento agevolando in tal modo l'individuazione delle azioni pianificatorie volte ad aumentare l'intelligenza delle città. La metodologia fornisce, quindi, un modo di guardare analiticamente all'idea di città.

Partendo dalla caratterizzazione di ciascuna città che essendo un sistema complesso e unico, rende impossibile l'individuazione di interventi di trasformazione standardizzati, si cerca di rappresentare le potenzialità dei siti urbani utilizzando alcuni parametri.

I parametri identificati definiscono la struttura, le caratteristiche e le potenzialità della città in termini infrastrutturali, energetici e socio-economici. Tale caratterizzazione è possibile e consente di identificare anche similarità e differenze fra le potenzialità dei contesti urbani; in tale modo sarà possibile classificare contesti urbani con caratteristiche uniformi e quindi confrontabili.

Alcuni dei parametri di caratterizzazione dei contesti urbani sono:

#### **Parametri geografici e climatologici**

- latitudine;
- altitudine;
- radiazione solare media mensile;
- ventosità del sito;
- presenza di fenomeni geotermici;
- vicinanza al mare, laghi, fiumi;
- orografia (presenza e numerosità di rilievi).

La caratterizzazione di tali parametri, permette di aggregare città con le medesime potenzialità a livello di risorse naturali. Le risorse naturali disponibili infatti, come sarà esplicitato nella Parte IV della presente tesi, sono una leva importante sulla quale incentrare il proprio sviluppo sostenibile. Un caso emblematico, è quello di Amsterdam che grazie alla disponibilità di ampi spazi verdi e all’alta ventosità presente nelle periferie del comune ha fatto della produzione di energia verde da fonte eolica uno dei punti di forza dello sviluppo *smart* del suo territorio (Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2015a).

#### **Parametri urbanistici ed abitativi**

- densità abitativa;
- superficie complessiva della città;
- estensione delle periferie in relazione a quella del centro abitato;
- estensione di zone industriali in relazione a quella del centro abitato;
- estensione del centro storico in relazione a quella del centro abitato;
- tipologia edilizia prevalente;
- livello di decentramento dei servizi pubblici;
- tipologia di infrastruttura viaria (canali/strade);
- incidenza della infrastruttura viaria nel centro storico per tipologia;
- incidenza della infrastruttura viaria nella zona industriale per tipologia;
- incidenza della infrastruttura viaria nelle zone di espansione per tipologia.

Come emerge fortemente dall’ultimo rapporto della Direzione Generale per le Politiche Interne del Parlamento Europeo (Manville et al., 2014) il fenomeno delle smart cities è un fenomeno per lo più legato alle grandi città. Dal grafico sottostante si nota infatti come le città con una maggiore popolazione, dispongono di maggiori risorse (finanziarie, politiche e umane) e riescono a portare avanti un maggior numero di progetti in più ambiti della *smart city*. Ambiente, mobilità e governo del territorio, rimangono comunque a livello europeo gli ambiti smart più affrontati.

Le dimensioni delle città sono quindi un elemento cardine per poter individuare dei “benchmark” di riferimento.

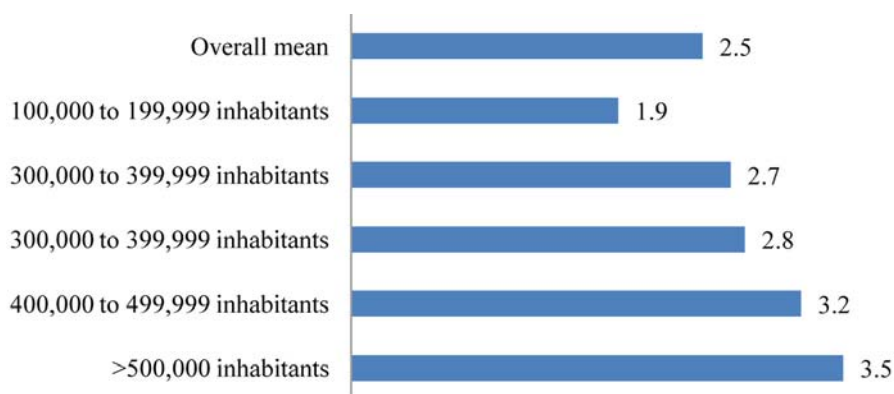


Figura 8. Numero medio di ambiti di Smart city affrontati in relazione alla popolazione media delle città, (Manville et al., 2014).

L'estensione e la popolazione influiscono anche sulla rete infrastrutturale di una città, e la mobilità fa parte di questa. Il report (Manville et al., 2014), sottolinea come la più alta percentuale di finanziamento pubblico-privato (che ad oggi costituisce una delle maggiori risorse dei progetti *smart city*) si trova nell'ambito della smart mobility e nei progetti di riqualificazione a scala di quartiere. Il mix di finanziamenti in tale settore vede un equilibrio nelle realizzazioni tra sistemi di gestione e progetti pilota di infrastrutture, generalmente a scala di quartiere (alcuni capitoli della presente trattazione si focalizzeranno sulla scala di quartiere), che normalmente comportano un sostegno finanziario proveniente da grandi finanziatori (privati ed europei), mentre le piattaforme partecipative in genere hanno esigenze di finanziamento modeste.

Inoltre, come si vedrà dettagliatamente per l'ambito edilizio e per le infrastrutture (Parte III e IV della presente tesi), le caratteristiche principali di ambiente costruito e di infrastrutture ne definiscono i consumi e le possibilità di retrofit energetico.

Per individuare i "benchmark" di riferimento è quindi fondamentale individuare cluster di città che per esempio gestiscano modalità di trasporto di flussi di persone e merci simili e che per quanto possibile abbiano uno stesso sviluppo infrastrutturale. Per fare un esempio, la città di Amsterdam ha sviluppato il suo progetto di smart mobility su ciclabilità e trasporto marittimo, ma è indubbio che la sua politica di gestione non possa essere di riferimento per città che per estensione urbana e politica di sviluppo hanno incentrato la riqualificazione smart della mobilità sull'utilizzo del mezzo privato su strada, come ad esempio è il caso di Singapore (Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2015a).

Altro elemento fondamentale che rientra nei parametri urbanistici è quello relativo agli edifici, in merito si veda in merito la Parte III della presente trattazione, e alla loro epoca di costruzione (Ferrante et al., 2016; Riva Sanseverino et al., 2015b). I contesti fortemente storicizzati, per esempio, sono caratterizzati da



consumi domestici ingenti e contemporaneamente da caratteristiche architettoniche di pregio che limitano le possibili azioni di efficienza energetica nel costruito. Per le città d'arte, per esempio, il "benchmark" di riferimento per tale ambito, non può che essere costituito da città di pari valore architettonico che portino avanti azioni "soft" di riqualificazione energetica, siamo ben lontani quindi dagli esempi di città di nuova progettazione come Masdar City (Abu Dhabi, Emirati Arabi).

#### **Parametri economici e socio-culturali**

- età media;
- reddito pro capite;
- livello di istruzione;
- livello di condivisione delle tematiche ambientali, orientamento politico;
- economia prevalente.

Questi parametri permettono di misurare il potenziale di partecipazione della cittadinanza alle iniziative *smart* proposte dall'amministrazione. In un contesto istruito e storicamente sensibilizzato al rispetto del bene comune, iniziative che si fondano sulla condivisione e sulla "forza del gruppo" possono avere un ritorno pari a progetti che prevedono la realizzazione di grandi infrastrutture; all'interno della trattazione l'aspetto di coinvolgimento dei cittadini all'interno di azioni di sviluppo di nuove "infrastrutture dematerializzate" è stato affrontato nel capitolo 6 della presente tesi.

#### **Parametri di definizione dei layer infrastrutturali**

- posizione del comune rispetto alle infrastrutture energetiche nazionali (periferico/centrale);
- struttura e caratterizzazione della rete elettrica presente;
- struttura e caratterizzazione della rete wi-fi;
- struttura e caratterizzazione della rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento;
- struttura e caratterizzazione della rete di approvvigionamento idrico;
- struttura e caratterizzazione della rete del gas.

Come per la mobilità, le infrastrutture presenti in una città creano le reti su cui sviluppare i progetti. La caratterizzazione di queste reti permette di definire gli ambiti possibili delle azioni smart da implementare. L'individuazione delle città "benchmark" deve necessariamente tener conto di tali caratteristiche. La città di Amsterdam, per esempio, per ridurre i consumi di energia termica da impianti autonomi alimentati da fonte fossile in ambito domestico, ha deciso di implementare nei prossimi anni utenze servite dalla rete di teleriscaldamento. Tale azione di politica energetica locale, che si tradurrà in una sostanziale riduzione delle

emissioni di CO<sub>2</sub> legate al settore residenziale, presuppone la presenza di una rete di distribuzione e di ingenti risorse da investire.

Le città possono quindi essere caratterizzate utilizzando i sopra detti ed altri parametri, allo scopo anche di identificare dei cluster di città “simili” in relazione alle loro potenzialità di sviluppo della *smartness*.

La Fig. 9 rappresenta lo spazio delle caratteristiche sopra delineate, che offrono una rappresentazione analitica della potenzialità di ciascun contesto urbano. Le città A, B e C costituiscono in questo spazio una classe. La “vicinanza” delle città in tale spazio n-dimensionale adeguatamente normalizzato costituisce una similitudine che si può sfruttare dal punto di vista del possibile miglioramento del livello di *smartness* della stessa.

Identificate quindi le classi di città omogenee, si potrà procedere alla loro valutazione sulla base di alcuni indicatori di *smartness*. Come indicato in figura, le città A, B e C risultano simili in termini di potenzialità, mentre la loro proiezione nello spazio degli indicatori di *smartness*, Fig. 10, consente l’individuazione della “città *benchmark*”, ossia modello, per quella classe di città.

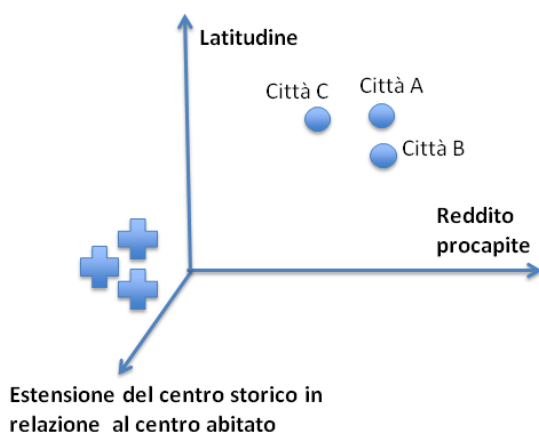


Figura 9. Schema esemplificativo della metodologia di classificazione proposta.

Nell’esempio rappresentato, se gli indicatori di *smartness* sono indicatori di qualità, la città A risulta essere la città *benchmark*. Ciò consente ai tecnici ed agli amministratori di individuare la città a cui riferirsi come modello di *smartness* e di individuare le azioni e le strategie più opportune in relazione al contesto per colmare il “gap” individuato.

Molto interessante è ancora il contributo del prof. Pagani (Pagani, 2012) che indica come strumenti per caratterizzare la *smartness* di una città alcuni parametri numerici quali la quantità di emissioni di CO<sub>2</sub>. Egli afferma che: «Indicatori di questo tipo aiuteranno a raggiungere migliori livelli di sostenibilità nel medio periodo. Utilizzando questo strumento per valutare alcune soluzioni energetiche e

tecnologie delle nostre realtà urbane, ne potremmo derivare indicatori utili per le strategie e per gli indirizzi futuri».

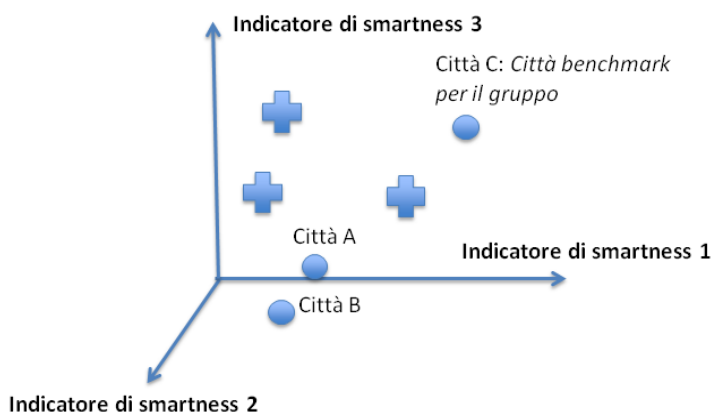


Figura 10. Individuazione della città benchmark.

Il fatto di non avere però a priori raggruppato le città nello spazio dei parametri che ne caratterizzano le potenzialità, rende difficilmente confrontabili alcune situazioni e consente soltanto di fare una classifica delle città.

Quello che invece può essere ancora interessante studiare è l'individuazione per ciascun cluster di città omogenee del proprio "benchmark" o modello raggiungibile (perché possiede caratteristiche e potenzialità simili), lasciando al pianificatore l'individuazione degli strumenti per raggiungere gli obiettivi per il miglioramento della smartness del territorio o del contesto urbano.



## **Parte II - Approcci alla pianificazione delle smart cities**



## Capitolo 4 – Territorio: riflessioni su forma urbana, energia e pianificazione di distretto

**Sommario** - La pianificazione energetica ‘a emissioni zero’ nei contesti urbani è strettamente connessa alla forma ed alla qualità del costruito, alle dinamiche e ai flussi di persone e materiali e alle caratteristiche climatologiche. Questi parametri costituiscono le caratteristiche iniziali di qualunque scenario progettuale in ambito energetico-*smart city* e insieme derivano da considerazioni che riguardano l’organizzazione degli insediamenti urbani. Il capitolo, sviluppa una riflessione su forma urbana e *inquadramento sistemico* del contesto da pianificare mettendo in luce le dipendenze tra fattori urbanistici ed energetici, con un particolare focus alla pianificazione di quartiere. Il lavoro presentato si conclude con un caso studio rappresentativo di città di nuova fondazione, costruita per essere a zero emissioni: la città di Masdar, negli Emirati Arabi. La città, progettata come vetrina di una nuova visione dello ‘smart planning’ a basso impatto ambientale, non può essere paragonata ai contesti urbani esistenti e alle problematiche connesse, ma può essere presa a modello come laboratorio avanzato di sperimentazione sostenibile.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Riva Sanseverino, R., Riva Sanseverino E. & Vaccaro, V. (2016). Zero Carbon Cities: riflessioni su forma urbana ed energia. XIX Conferenza Nazionale SIU Cambiamenti- Responsabilità e strumenti per l’urbanistica al servizio del Paese. Catania 16-18 giugno 2016.
- Riva Sanseverino, R., Riva Sanseverino E. & Vaccaro, V. (2015). Smart city casi studio. In: Riva Sanseverino, R., Riva Sanseverino E. & Vaccaro, V. *Atlante delle smart city: Comunità intelligenti europee ed asiatiche*, Edition: 3°, Capitolo: 5, Franco Angeli, Collana Urbanistica, 2015.

### 4.1 Morfologia e sistema urbano

Le tendenze in atto in ambito di urbanistica richiedono sistemi urbani che emettano meno carbonio e consumino meno energia. Come noto, infatti, più del 50% della popolazione mondiale già vive in insediamenti urbani e le tali aree sono proiettate a dover accogliere quasi tutta la crescita della popolazione mondiale al 2050, pari a circa tre miliardi di persone (Fig. 11). Tali flussi interesseranno maggiormente le piccole e medie città che sono anche le più problematiche in quanto, a differenza delle città più grandi o *megacities* (come vengono chiamate le città con più di 1.000.000 di abitanti), sono carenti di informazioni e dati per guidare le scelte politiche, oltre ad avere risorse economiche limitate (Grubler et al., 2012).

Questo cambiamento, che porterà ad un aumento di domanda, sia energetica che idrica, relativa a tutti i settori del vivere in città (edilizia, trasporti, etc.) ha già portato l’attenzione internazionale a focalizzarsi sulla definizione di politiche urbane centrate sulla gestione della domanda di energia e nell’individuazione di soluzioni che permettano di soddisfarne l’aumento. Edilizia e trasporti sono

(European Environment Agency, 2013), i settori più energivori delle città, caratteristica che peraltro è molto connessa alla morfologia dell'insediamento urbano.

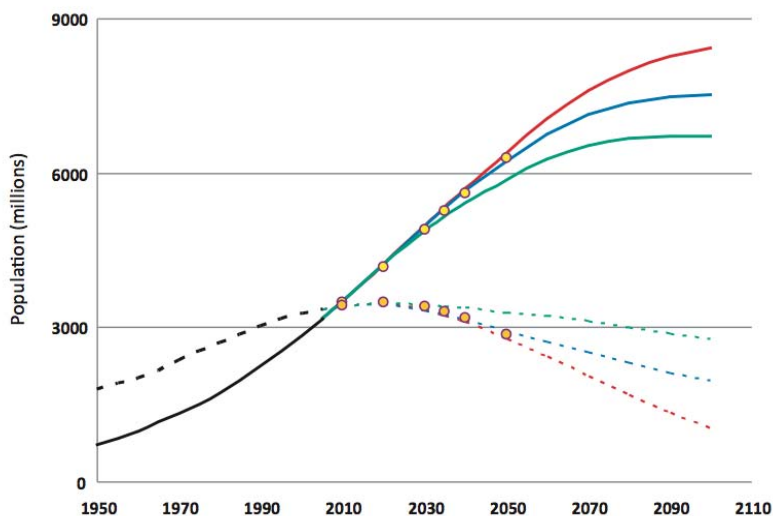


Figura 11. Scenari futuri di inurbamento (Grubler et al.,2012). Le linee mostrano l'andamento della popolazione urbana (linee continue) e rurale (linee tratteggiate) dal 1950 al 2005 e gli scenari futuri al 2100. Sono presentati tre alternativi scenari futuri di crescita urbana (rosso, verde e blu in relazione all'articolo scientifico (Riahi, Grübler e Nakicenovic, 2007); questi sono paragonati alla proiezione del UN Urbanization Prospects, cerchi gialli (UN DESA, 2010)

Gli impatti ambientali dell'espansione urbana sono ormai ben noti; gli oppositori della crescita urbana, infatti, sostengono che la creazione di più distretti o quartieri dalle forme urbane compatte ridurrebbe in modo significativo il consumo di energia sia nel settore dell'edilizia che dei trasporti (Lang, LeFurgy e Nelson, 2006). Tuttavia si assiste, sia nei paesi sviluppati che in via di sviluppo, soprattutto in periferia (aree urbane che spesso suppliscono ad accogliere i flussi di abitanti relativi alla crescita degli ultimi anni), allo sviluppo di quartieri a bassa densità (e.g. villette a schiera o isolate) (Marique e Reiter, 2012).

Il modello di nucleo densamente costruito di molte città storiche europee rispecchia il concetto di città compatta che tenta di promuovere il contenimento urbano sia in termini di uso del suolo che in termini di consumo energetico. I suoi sostenitori (Commission of the European Communities, 1990) credono che la città compatta abbia molti vantaggi, sia energetici che sociali (Frey, 2003).

Dall'altro lato, l'elenco degli argomenti contro la città compatta è esteso. Il concetto rifiuta l'esistenza di aree suburbane e semirurali, ignora la vita rurale, trascura spazi verdi e aperti all'interno dell'ambiente costruito, aumenta la congestione e così l'inquinamento, e riduce la qualità ambientale complessiva. Pro e



contro del modello compatto di città hanno portato allo sviluppo di una serie di posizioni intermedie, che cercano di combinare i migliori aspetti di entrambi i modelli e cercare di evitare gli svantaggi di ciascuno, ci riferiamo ad esempio al modello di “villaggio urbano” (Dujardin et al., 2012).

Queste differenze nella morfologia urbana hanno ovvie conseguenze nella caratterizzazione dei consumi e quindi nell’individuazione dei settori più energivori del contesto urbano a cui ci riferiamo (Hachem, 2016).

Per esempio una città/quartiere compatta ha la struttura più idonea per pensare a politiche di contenimento dei consumi energetici dei trasporti che riorganizzino la mobilità urbana mirando a ridurre la lunghezza del viaggio e che modifichino la ripartizione modale per ridurre la quota di uso dell’auto privata a favore dei mezzi pubblici o della bicicletta. Ciò risulta possibile grazie alla morfologia che concentra in aree limitate residenziale, servizi e occupazione. Opposto, invece, è il punto di vista se ci occupiamo del settore residenziale, che a causa dell’alta densità edilizia, individuerà senza dubbio un’elevata domanda energetica per unità di superficie del quartiere. Altro elemento critico di una morfologia urbana compatta, è l’effetto “isola di calore” che si ha a causa delle poche aree verdi di tali sistemi urbani e alla bassa ventilazione.

Inoltre abbiamo già fatto riferimento, nei capitoli precedenti, a quanto il successo delle iniziative di gestione *smart* del territorio, sia legata anche alla scala di pianificazione. Generalmente i contesti urbani sono morfologicamente disomogenei, e fatto noto il legame tra morfologia e consumi, la scala di pianificazione distrettuale sembra essere la più idonea al concetto di *smart city*.

Alcuni punti di forza dell’affrontare una pianificazione a scala ristretta sono:

- la maggior omogeneità tra tipologie di edifici, rispetto alla scala urbana;
- l’identificazione di una destinazione d’uso prevalente (uso misto o residenziale);
- l’estensione territoriale contenuta, che permette con maggior semplicità un testing delle azioni e dei progetti che la pubblica Amministrazione può mettere in atto;
- l’identificazione degli specifici sistemi energetici (reti, punti di fornitura energia, etc.);
- la possibilità di gestire la domanda e l’offerta di energia a scala locale (minore perdite di sistema elettrico e possibilità di FER di quartiere).

Come si nota dalle poche riflessioni fatte, il concetto è molto complesso e necessita di un *inquadramento sistemico* dei fattori urbanistici ed energetici che caratterizzano il contesto.

L'inquadramento sistemico e di bilancio energetico globale viene riassunto (Fig. 12) perfettamente in un rapporto tecnico del National Renewable Energy Laboratory, Colorado, (Carlisle, Van Geet e Pless, 2009) attraverso l'obiettivo di raggiungere una comunità a "energia netta zero" (ZEC) definita come «una [comunità] che ha ridotto bisogno di energia grazie al guadagno in efficienza ed è tale che il bilancio di energia per veicoli, termico e di energia elettrica all'interno della comunità siano soddisfatti maggiormente da energie rinnovabili», sottolineando inoltre che gli «scenari comunitari dovrebbero collegare il trasporto, l'edilizia e la rete elettrica, nonché consentire che grandi quantità di energia rinnovabile siano immessi nella rete».

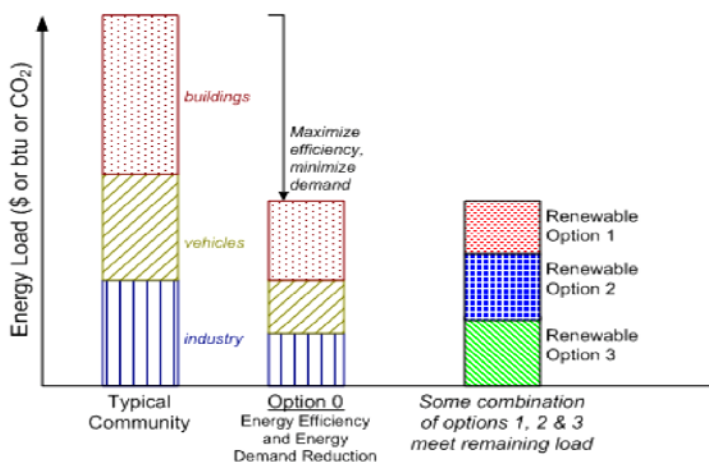




Figura 12. Schema esemplificativo di una "comunità ad energia netta zero" (Carlisle, Van Geet e Pless, 2009)

Considerazioni chiare, in merito a come un approccio sistemico e di bilancio energetico globale, con la conseguente individuazione di politiche efficienti mirate, abbia un naturale collegamento con l'assetto morfologico urbano, sono riportate in (Marique e Reiter, 2014).

Il lavoro mette a paragone due quartieri residenziali rappresentativi delle città del Belgio, uno urbano alta densità (rappresentativo dei centri storici delle principali città europee) e uno periferico a bassa densità. Lo studio si concentra sui settori più energivori che, sulla base di quanto riportato in (Marique e Reiter, 2012), sono quello residenziale, con una chiara relazione all'epoca costruttiva prevalente degli edifici e quello dei trasporti legato alla presenza di servizi di mobilità alternativa all'auto privata e alla distanza dal centro città.

La Tab. 4 mostra le principali caratteristiche dei due distretti analizzati con l'ottica di valutare alcuni parametri che possano influire nel bilancio energetico globale (edifici+trasporti+illuminazione pubblica) dei distretti e quindi individuare un quadro semplificato per valutare la fattibilità di comunità a zero energia.

Tabella 4. Dati di comparazione urbanistico - energetica di due quartieri rappresentativi del Belgio (Marique e Reiter, 2014).

Caratteristiche	 Distretto periferico bassa densità	 Distretto compatto ad alta densità
Tipologia edilizia prevalente	75% villette unifamiliari	75,5% case a schiera
Superficie [ha]	12,02	0,97
Abitanti [n.]	150	180
Edifici [n.]	55	57
Densità [alloggi/ ha]	5	60
% della superficie occupata da edifici	5%	29%
Distanza dal centro città [km]	18	-
Anno prevalente di costruzione degli edifici	1960	antecedente al 1900
Servizio autobus	basso	molto buono

Dai dati di consumo dei due distretti una chiara differenza viene osservata:

- tra i requisiti energetici di riscaldamento dei due quartieri perché il secondo è costituito da case a schiera, che consumano circa il 25% in meno di energia per il riscaldamento rispetto alla forma urbana meno compatta;
- il consumo di energia per la mobilità quotidiana è più alto di circa il 30% nel quartiere di periferia, che è fortemente dipendente dalle auto private e dalla maggiore distanza dal centro;
- la produzione in loco di energia rinnovabile da impianti fotovoltaici è più alta nel quartiere suburbano, in quanto l'effetto ombra sui tetti che si ha nel quartiere del centro cittadino, limita la radiazione solare; inoltre, la maggior estensione della superficie dei tetti (legata alla tipologia edilizia prevalente), permette l'installazione anche di solare termico. In più il quartiere periferico permette di installare impianti mini eolici, per esempio al centro del quartiere, in quanto tale posizione è sufficientemente lontana dalle case esistenti (problema di rumore prodotto dalla turbina e limiti imposti dalle normative vigenti in merito) e inoltre presenta una maggiore ventosità;

- il secondo contesto, costituito da abitazioni a schiera in insediamenti ad alta densità, grazie ad un'alta percentuale di uso di modelli di mobilità dolce, può essere meno energivoro rispetto ad un modello abitativo a bassa densità di villette monofamiliari, con standard elevati di efficienza energetica delle abitazioni (del tipo Passive-house), ma in cui si adoperano due automobili a famiglia per gli spostamenti quotidiani legati al lavoro e alle esigenze familiari.

Da quanto detto si evince come la politica energetica a scala urbana abbia bisogno, di essere focalizzata sulla gestione della domanda di energia e sullo squilibrio tra offerta e domanda, mantenendo un focus specifico alla struttura della forma urbana, alla densità edilizia (a cui è legato il consumo del settore edilizio per unità di superficie), alla qualità dell'edilizia e dei trasporti pubblici e sempre più verso un'integrazione dei sistemi energetici al sistema urbano.

E' proprio al bilancio dell'intero sistema che ci si deve focalizzare per raggiungere obiettivi di efficienza ed è proprio attraverso l'analisi della morfologia urbana connessa con la morfologia dei sistemi energetici che si possono individuare azioni e politiche specifiche per contesti definiti.

## 4.2 L'approccio sistemico a scala urbana

Il ragionamento a livello sistemico, la cui scala territoriale ottimale è stata individuata dalla comunità scientifica nella scala del distretto o del quartiere urbano (Carlisle, Van Geet e Pless, 2009; Allegrini et al., 2015) sembra la chiave per l'ottimizzazione delle città<sup>50</sup>.

Recenti studi, infatti, si stanno focalizzando sulla definizione di approcci integrati applicati alla scala di quartiere (Evins, Orehounig e Dorer, 2015; Keirstead e Shah, 2013).

Principalmente l'attenzione si concentra sulle interazioni tra gli edifici e i sistemi energetici, includendo, per esempio, l'interconnessione con le reti termiche, l'uso del calore di scarto, la produzione da sistemi di energia rinnovabile (FER), etc. e su come il sistema edificio possa interagire con i sistemi energetici urbani, anche in termini di interconnessione tra gli edifici, che collegati a rete possono configurarsi come una infrastruttura del sistema energetico di quartiere, al pari della rete elettrica o di distribuzione di calore.

La Fig. 13 mostra il modello eco-city di un quartiere di Stoccolma che si configura come un circuito chiuso dove ogni singolo edificio risulta un nodo delle reti infrastrutturali del quartiere.

---

<sup>50</sup>A tal proposito si veda anche Cap 3 della presente trattazione.

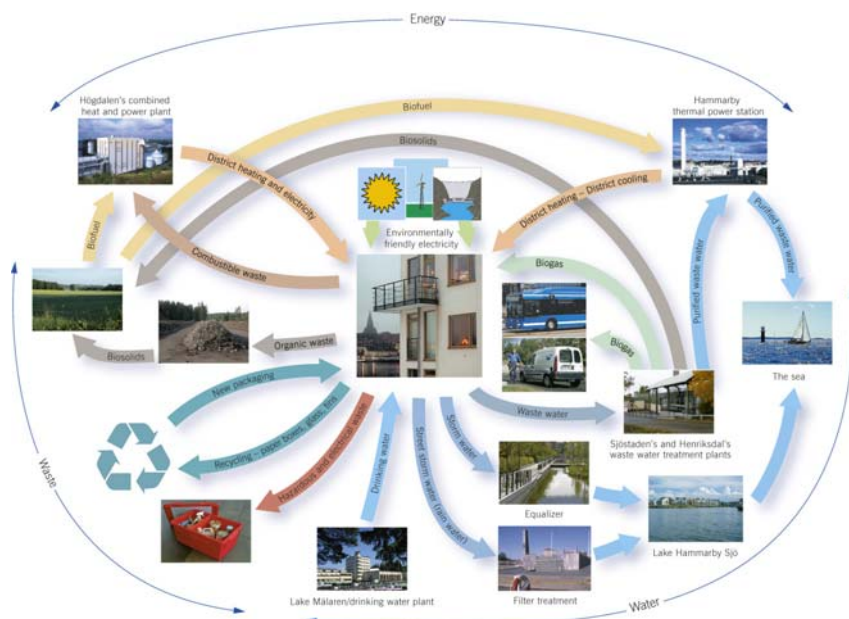


Figura 13. Modello eco-cycle del sistema di quartiere di Hammarby Sjöstad (Stoccolma).

Il ciclo dell'acqua funziona in modo tale da non avere sprechi; raccolta dal lago Mälaren, l'acqua è trattata in appositi impianti dove viene purificata e resa potabile prima di essere trasportata, attraverso le tubazioni, in ogni casa. Dopo il suo utilizzo, l'acqua di scarto viene separata da eventuali rifiuti solidi e convogliata in un impianto apposito dove, depurata di nuovo, viene rimessa in mare. Il sistema di riciclaggio dei rifiuti raccoglie gli scarichi domestici tramite condotti pneumatici e li tratta per ottenere biogas immediatamente riutilizzabile nelle cucine dei medesimi appartamenti. I residui solidi di questo processo vengono invece estratti e usati come concime per gli orti presenti nei giardini interni degli edifici. La maggior parte dell'energia elettrica è prodotta da pannelli solari presenti sui tetti delle abitazioni (ad alte prestazioni energetiche) e dalla centrale idroelettrica; mentre, per quanto riguarda il riscaldamento, il 47% deriva dai rifiuti domestici, non riciclabili, che vengono separati e portati al locale inceneritore che provvede al riscaldamento domestico; il restante 50% deriva dalla combustione di olio biologico (16%) e dall'energia idrica prodotta dalle acque di scarico (34%).

Alla luce di queste considerazioni si nota come non sia più sufficiente simulare e studiare l'utilizzo dell'energia del singolo edificio configurandolo come un sistema isolato dal contesto microclimatico e urbano in cui si trova, così come modellare un sistema energetico urbano senza considerazione sugli edifici che serve.

Il lavoro di Allegrini et al. (2015), a tal proposito individua tre differenti campi d'interazione a livello distrettuale o di sistema urbano, individuati attraverso:

- *i sistemi energetici di quartiere*, tra cui rientrano la rete elettrica, la rete di distribuzione del calore, quella di raffrescamento e quella dei trasporti (Mancarella, 2014; Dujardin et al. 2012), ma anche gli edifici in quanto potenziali punti di fornitura e di utilizzo dell'energia;
- *i sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili* (tra cui solare, bioenergia, il vento e il relativo tema di stoccaggio stagionale);
- *il microclima urbano* e la sua connessione alla domanda di energia.

In tale quadro gli edifici giocano un ruolo importante sia per quanto riguarda la domanda di energia che l'offerta di energia (ad esempio quando si configurano come punti di produzione di energia da FER).

#### ***4.2.1 Sistemi energetici di quartiere e l'interazione con i sistemi di produzione di energia***

La produzione di energia elettrica, riferita sia a piccoli impianti di produzione che a grandi impianti, può essere descritta nel piano dello spazio urbano o di quartiere attraverso *punti di fornitura*. Lo stesso vale per gli accumuli di energia, o, per le aree di sosta dei veicoli elettrici quando vengono utilizzati come accumuli di energia elettrica.

La prossimità tra punto di domanda e fornitura dell'energia, in generale, è una condizione che sussiste se ci si riferisce ad un singolo edificio in cui sono installati degli impianti FER e non a scala di quartiere. Infatti, nell'ambiente urbano, questi sono spesso separati spazialmente il che significa che l'energia elettrica deve essere trasmessa attraverso la rete su tutta l'area urbana per compensare lo squilibrio locale tra punti di domanda (edifici) ed offerta (punti di installazione FER o accumuli).

Il funzionamento del sistema elettrico richiede che la frequenza e la tensione rimangano entro certi limiti, ed è quindi legato alla morfologia dello stesso e al fattore 'forma urbana' che influenzano gli squilibri e il flusso di potenza in rete. Ampie quote di energia rinnovabile possono quindi diventare critiche e possono richiedere maggiori misure di controllo sulla rete (smart grid).

L'interazione tra i sistemi di produzione da FER e le reti energetiche, e la questione del gestire l'equilibrio tra domanda richiedono ampie soluzioni di rete e di archiviazione dell'energia, molto spesso multi sistemiche (Manfren, Caputo e Costa, 2011).

Un interessante studio (Lund, Mikkola e Ypyä, 2015) ha analizzato la domanda di energia di alcune città - Delhi, Shanghai e Helsinki - conducendo un'analisi temporale (domanda oraria) e spaziale (area della città con maggior domanda dell'energia) per capire come i sistemi energetici rispondano alle elevate quote di energia prodotta da FER.

I risultati indicano che se si limita la produzione di energia da FER alla domanda di potenza istantanea (autoconsumo), si può raggiungere una quota media annua di copertura del fabbisogno energetico da FER del 20%. Nessun beneficio invece si ha se si aumentasse tale quota senza integrare sistemi di stoccaggio e sistemi di gestione smart alla rete elettrica.

Lo studio mostra come la sola aggiunta di sistemi di stoccaggio elettrico potrebbe aumentare, invece, la quota di energia rinnovabile annua consumata, nello specifico al 50-70% per Shanghai, al 40-70% per Delhi e al 25-35% per Helsinki. Inoltre, se si valuta, per la quota di energia elettrica superiore all'autoconsumo, un sistema di conversione dell'energia elettrica in energia termica, più facile ed economica da stoccare rispetto all'elettrica, per esempio attraverso accumuli di acqua calda o fredda a servizio del sistema di riscaldamento/raffrescamento urbano, si avrebbe una gestione in parallelo dei due sistemi - energia elettrica e termica - riuscendo ad offrire un'alternativa che consenta una maggiore produzione di energia elettrica da FER superando il tradizionale limite dell'autoconsumo, oltre che offrendo maggiore flessibilità al sistema elettrico (Lund, 2012).

Inoltre, sistemi di energia rinnovabile e di accumulo in rete possono essere installati in modo che l'energia possa essere condivisa e scambiata tra gli edifici limitrofi.

Pertanto, le soluzioni a livello distrettuale e urbano, dovrebbero considerare connessione bidirezionale dei flussi energetici negli edifici, non solo in termini di reti elettriche ma anche di reti termiche, anche a diversi livelli di temperatura (Dalla Rosa e Christensen, 2011).

#### ***4.2.2 Il microclima urbano e la sua connessione alla domanda di energia***

I fattori che influenzano il consumo degli edifici nei contesti urbani (Salat, 2009), cioè la domanda di energia da soddisfare, possono essere individuati da:

- efficienza della forma urbana e in particolare la sua densità (studi del MIT dimostrano che una morfologia urbana efficiente può ridurre i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub> di un fattore pari a 2);
- le prestazioni degli edifici (involucro e impianto);
- efficienza della forma;
- il comportamento degli abitanti;
- tipo di energia utilizzata (la differenza del contributo all'effetto serra varia fino ad un fattore di dieci tra energia fossili ed energie rinnovabili).

Le condizioni microclimatiche locali legate alla specifica localizzazione degli edifici all'interno del contesto urbano, sono legate fortemente al parametro  $\lambda$  ed influiscono, quindi, notevolmente sulla domanda di energia degli edifici. Inoltre anche l'inquinamento atmosferico e acustico, che dipendono dalla forma urbana e dal sistema dei trasporti (interazione sistemica), influiscono sulla domanda di

energia degli edifici poiché limitano la possibilità di ventilazione naturale innescando un meccanismo comportamentale di chiusura delle finestre.

In generale, le condizioni microclimatiche nelle aree urbane differiscono molto da quelle delle aree rurali; la temperatura dell'aria in quest'ultime è molto più alta rispetto a quella delle aree rurali a causa dell'effetto isola di calore; la velocità del vento è minore a causa dell'altezza, della vicinanza, della densità degli edifici nel distretto e della rugosità del terreno e la radiazione solare è influenzata dall'effetto di ombreggiamento e riflessione dato dagli edifici limitrofi (Santamouris, 2001; Ratti, Baker e Steemers, 2005).

Lo studio (Ratti, Baker e Steemers, 2005), quantifica l'impatto di alcuni dei fattori elencati sui consumi e sulle emissioni di CO<sub>2</sub> per alcuni distretti della città di Parigi, caratterizzati da densità territoriale ed epoca costruttiva diverse.

Il peso di ciascuno dei parametri, rispetto alla domanda di energia per riscaldamento (ambito più energivoro per il settore residenziale della città di Parigi) dei quartieri residenziali analizzati è risultato:

- circa di 1,8 per morfologia ed efficienza dei sistemi impiantistici;
- 2,5 per le prestazioni dell'involucro;
- 2,6 per il comportamento degli abitanti.

I risultati avvalorano quanto la morfologia urbana abbia un peso non trascurabile anche nel contesto dei consumi energetici dell'edilizia.

#### ***4.2.3 Morfologie, geometrie e modelli urbani a zero emissioni: il caso della città di Masdar***

La maggior parte degli studi urbanistici recenti concentrano le loro ricerche sulla relazione tra forma degli isolati, morfologia urbana ed energia (Bouyer, 2009) alla ricerca di modelli urbani efficienti dal punto di vista energetico.

Tra i modelli sperimentali rientra la città di Masdar negli Emirati Arabi. Essendo di nuova costruzione il modello è ben lontano dal riferirsi alle necessità delle città esistenti. La città però, configurandosi come un sistema urbano integrato, è fortemente rappresentativo dell'integrazione tra morfologia e approccio sistemico alla pianificazione urbana.

Masdar City è un progetto molto ambizioso per un paese esportatore di petrolio; è il primo esempio di città completamente sostenibile, progettata per essere un hub-energetico; la realizzazione, iniziata nel 2009, dovrebbe concludersi nel 2030.

Gli abitanti insediati saranno circa 50.000 in un'area di 6 Km<sup>2</sup> con possibilità di ampliare successivamente l'insediamento iniziale. Il progetto ha elaborato un sistema urbano policentrico (Fig. 14), in modo che i vari distretti siano definiti da una funzione economica o sociale localmente insediata. In più la natura cellulare del piano di sviluppo consente una crescita modulare progressiva.





Figura 14. Masterplan del progetto.

Il modello urbano a livello di distretto (Fig. 15) e la forma degli isolati sono stati studiati per sfruttare il più possibile i sistemi passivi di generazione di energia, riconosciuti dai pianificatori come elemento fondante del progetto.

La griglia diagonale che regola la geometria dell'insediamento garantisce l'ottimale orientamento degli edifici riguardo all'esposizione solare (Fig. 16) e i venti dominanti (Fig. 17).

L'orientamento favorevole sull'asse nord-est e sud-ovest offre, infatti, le migliori soluzioni per sfruttare le brezze e le ombreggiature, anche finalizzate alla coltivazione sul posto, e funzionali. L'orientamento diagonale, le strade strette e i vicoli ombreggiati ridurranno al minimo il guadagno solare e luminoso. La città sarà costruita in modo da sfruttare anche la ventilazione naturale grazie agli spazi verdi e ai piccoli corsi d'acqua che costeggeranno gli stretti vicoli.

Masdar City, comunque, avrà una notevole fornitura di energia da fonti rinnovabili locali, in modo da creare un sistema a zero emissioni. A regime, avrà un fabbisogno energetico compreso tra 200 e 240 MW, che verrà coperto principalmente da impianti fotovoltaici (80%), tramite un imponente progetto che prevede la costruzione di un megaimpianto appena fuori città e la copertura di tutti i tetti degli edifici con pannelli solari.

Tutto sarà riciclato e riutilizzato, dai rifiuti (solo il 2% finirà in discarica, mentre il resto sarà riciclato o utilizzato come biocombustibile) all'acqua, che per il 60% verrà re immessa in circolo, dopo essere stata depurata.

Il fabbisogno di acqua di Masdar City sarà meno della metà di una città come Abu Dhabi (vale a dire 145 litri/persona/giorno rispetto ai 350 litri/persona/giorno), non includendo, tuttavia, l'acqua necessaria per il raffreddamento distrettuale, che potrebbe raddoppiare la quantità di acqua richiesta dalla città.



Figura 15. Masterplan: morfologia dell'insediamento di Masdar City ([www.masdar.ae/masdarcitymasterplan\\_v13.pdf](http://www.masdar.ae/masdarcitymasterplan_v13.pdf))

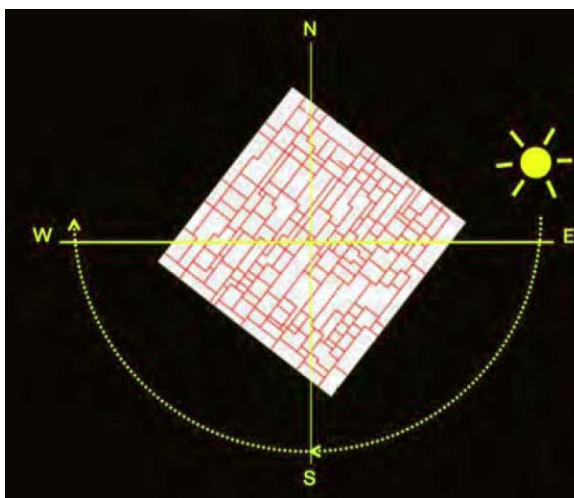


Figura 16. Masterplan: orientamento dell'insediamento.

Per raggiungere questi valori di consumo, la città utilizzerà elettrodomestici ad alta efficienza, contatori d'acqua intelligenti, che informano i consumatori del loro consumo, e contatori intelligenti per individuare perdite in tutto il sistema infrastrutturale; inoltre è in fase di realizzazione un sistema di desalinizzazione delle acque sotterranee che utilizza energia solare. Le zone funzionali chiave, identificate dal Piano d'utilizzazione del suolo, sono costituite da un mix fra le varie funzioni urbane (residenziale, commerciali, svago e tempo libero, aree per il parcheggio e aree verdi) in modo da ridurre gli spostamenti. In città, infatti, sarà vietato il traffico delle auto. La rete di trasporti comuni sarà tale per cui non sarà necessario percorrere più di 200 metri per trovare un mezzo di trasporto pubblico, camminando lungo strade concepite appositamente per il transito pedonale.



Figura 17. Studio dei venti dominanti in relazione alla morfologia dell'insediamento

Un sistema dei trasporti elettrico verrà organizzato in due livelli diversi: il sistema di trasporto personale e il sistema di trasporto collettivo. Le aree per il parcheggio delle autovetture saranno ubicate ai margini della città in modo da fungere da polo di scambio intermodale e favorire, quindi, gli spostamenti sulle reti pubbliche o con i mezzi elettrici.

### 4.3 L'interdipendenza dei parametri urbani nell'approccio sistemico

Il focus sulla gestione della domanda di energia a scala urbana rappresenta un cambiamento di paradigma rispetto al tradizionale versante dell'offerta, focalizzata sull'assetto energetico a scala nazionale. Per quanto Masdar city rappresenti un contesto emblematico di pianificazione multi sistemica, nella maggior parte delle città esistenti spesso non si presentano le condizioni per poter portar avanti una pianificazione simile.

Edilizia esistente, mancanza di spazi per un uso del suolo dedicato alla produzione da FER, morfologia esistente, etc. creano non pochi problemi alla riqualificazione dei contesti urbani. Ciò però che può essere preso a riferimento da tale pianificazione è l'approccio sistemico e la modularità a scala distrettuale delle azioni d'intervento. La Fig. 18 esplicita l'interdipendenza dei fattori urbani in modo da identificare i link possibili tra i sistemi che costituiscono la città, sia di nuova costruzione che esistente.

Nella visione di bilancio globale del "sistema distretto", questo deve essere caratterizzato sulla base dell'energia richiesta dai principali settori energivori (edifici, trasporti, illuminazione pubblica, etc) in modo da avere una visione complessiva dei consumi e contestualmente individuarne gli ambiti che necessitano di interventi di riqualificazione energetica.

La valutazione energetica del distretto passa, quindi, attraverso la caratterizzazione dello stesso secondo vari ambiti (Fig. 18).

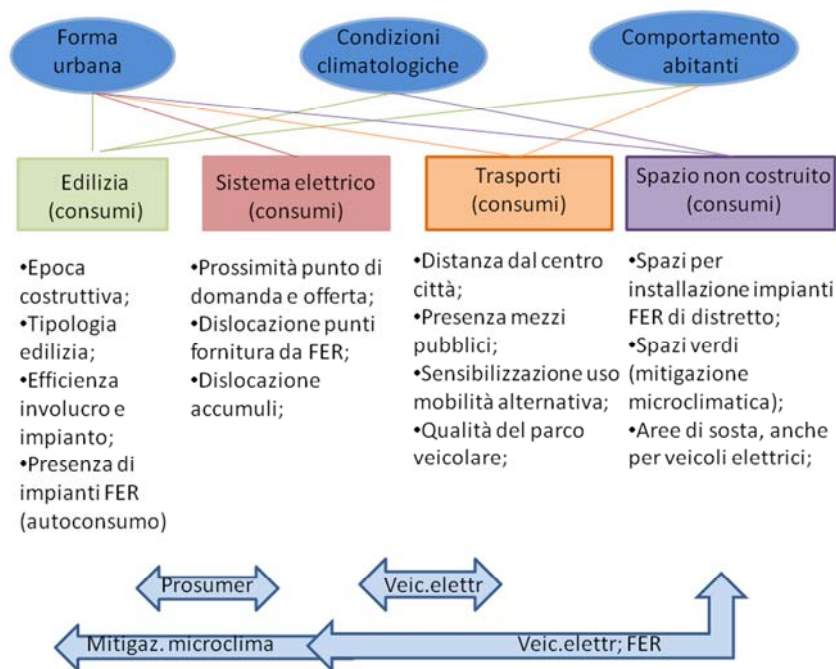


Figura 18. Interazione tra parametri urbani e sistemi

La visione globale, viene però raggiunta, attraverso l'analisi e l'individuazione di parametri identificativi per ognuno dei settori inseriti nel bilancio globale, che chiarifichino punti di forza e debolezza dei settori analizzati e che possano essere utili ad analisi di comparazione tra differenti distretti.

Lo scopo finale è quello di identificare degli indicatori per ogni settore, che siano tali da poter identificare l'aspetto critico di quel distretto per ciò che riguarda i suoi consumi e, a livello preliminare, ambiti d'intervento per migliorarne la qualità energetica.

Di seguito si riportano alcuni dei parametri per la classificazione urbanistica-energetica del distretto:

- Superficie totale del distretto,  $A_d$  ( $m^2$ );
- Volume lordo riscaldato del distretto,  $V_d$  ( $m^3$ );
- Indice di densità territoriale del distretto, tale parametro da un'indicazione del carico di edificazione del distretto, a livello pianificatorio rappresenta il volume massimo costruibile per unità di superficie dell'area da regolamentare; alti valori di tale parametro sono identificativi di contesti urbani a più alta densità edificatoria,  $V_d/A_d$  (m);
- Abitanti del distretto,  $N_{ab}$ ;
- Densità abitativa del distretto, tale parametro da un'indicazione del carico di energia del distretto,  $N_{ab}/A_d$  ( $ab/m^2$ );

- Superficie disperdente del distretto, somma delle superfici disperdenti degli edifici,  $S_{\text{ext}}$  ( $\text{m}^2$ ),
- Fattore di forma del distretto,  $S_{\text{ext}}/V_d$  ( $\text{m}^{-1}$ ), tale parametro da un'indicazione della tipologia architettonica prevalente del distretto (ad esempio se sono edifici a blocchi, più compatti o in linea, meno compatti);
- Tipologie architettonico-energetiche del distretto (a tal fine si veda paragrafo 9.4 della presente trattazione), tale tipologia riassume le caratteristiche d'involucro e impianto prevalenti per l'edilizia del distretto;
- Volume per tipologia architettonico-energetiche del distretto, tale parametro può essere utile alla definizione dei consumi di energia primaria per l'edilizia del distretto (a tal fine si veda paragrafo 9.4.3 della presente trattazione);
- Distanza media tra edifici, parametro che influisce sulle caratteristiche microclimatiche del sito, influenzando, quindi, sulla domanda di energia degli edifici (ventilazione naturale, ombreggiamenti, temperature locali, effetto isola di calore),  $D_{\text{me}}$  (m);
- Potenza di picco elettrica e termica per l'area individuata;  $Q_e$  (MW),  $Q_t$  (MW);
- Capacità di carico media delle reti di distribuzione di energia del distretto;
- Potenza di FER installata,  $Q_{f_d}$  (MW);
- % di FER per autoconsumo e % ad uso del distretto;  $Q_{f_{da}}$  (MW),  $Q_{f_{dc}}$  (MW);
- Distanza media tra le FER e il punto di consumo (per esempio area del distretto più energivoro),  $D_f$  (m);
- Distanza tra i sistemi di stoccaggio e l'area di maggior consumo  $D_s$  (m);
- Distanza dal centro città,  $D_t$  (m);
- Qualità del parco veicolare;
- Presenza di mezzi pubblici;
- Area verde,  $A_v$  ( $\text{m}^2$ ), parametro indicativo sia per gli effetti di mitigazione;
- Area costruita,  $A_c$  ( $\text{m}^2$ ), assimilabile all'area delle coperture, da un'indicazione del potenziale di installazione di impianti solari.

I parametri possono essere utili per inquadrare a livello sistemico i distretti urbani ed effettuare valutazioni comparative su quartieri con stessa destinazione d'uso prevalente.

## Capitolo 5. Infrastrutture urbane: la smart city come città dei servizi

**Sommario** - Nell’ottica di città contemporanea e *smart*, a partire dalle nuove possibilità derivate dalle infrastrutture di comunicazione, è possibile reinventare la città ed i suoi servizi per implementarli e renderli più efficienti in modi diversi. Il capitolo introduce al tema delle infrastrutture *smart*, argomentando tale cambiamento. Se da un lato, infatti, attraverso l’utilizzo di reti di sensori, sistemi di trasmissione dati e oggetti connessi alla rete, le infrastrutture fisiche diventano multi servizio acquistando la capacità di integrare diversi sistemi urbani; dall’altro affiancando i tradizionali strumenti pianificatori e regolamentali, le Amministrazioni Comunali, utilizzano sempre più nuove “infrastrutture immateriali” intese come strumenti che offrono “servizi dematerializzati” (georeferenziazione, Apps, portali telematici, etc).

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nella seguente pubblicazione scientifica:

- Riva Sanseverino, E. & Vaccaro, V. (2015). Le Smart Community Infrastructures: la città dei servizi nella smart city. In Riva Sanseverino, E. Riva Sanseverino, R., & Vaccaro, V. *Atlante delle smart city. Comunità intelligenti europee ed asiatiche*. Franco Angeli, pp.273-279.

### 5.1 Le infrastrutture fisiche e le infrastrutture immateriali nella città intelligente

Dietro i servizi forniti alla comunità vi sono le infrastrutture urbane che, come noto, sono tradizionalmente distinte in “infrastrutture fisiche” (*hard*) e “infrastrutture immateriali” (*soft*). Usualmente:

- le prime si riferiscono alle infrastrutture urbane tradizionali, ad esempio il sistema di fornitura di energia (elettricità, gas), il sistema di fornitura dell’acqua, il sistema di gestione dei rifiuti, le strade, i trasporti pubblici, etc. cioè a tutte quelle reti fisiche che permettono lo svolgersi della vita all’interno del sistema urbano;
- le seconde, invece, fanno riferimento alla sfera decisionale e alle idee che strutturano la comunità e che si manifestano in tutti gli quegli strumenti regolatori e norme che definiscono i principi fondanti della stessa (Malecki, 2002; Landry, 2012; Boulton et al., 2011; Derudder, 2012).

Nell’ottica di città contemporanea e *smart* è verosimile, a partire dalle nuove possibilità derivate dalle infrastrutture di comunicazione, reinventare la città ed i suoi servizi per implementarli e renderli più efficienti in modi diversi.

Già nel 2000, riferendosi ad un ambito prettamente economico, Robin Roy (Roy, 2000), parlava dell’avvento di una nuova epoca fondata sulla “dematerializzazione” dell’economia, sottolineando così l’emergere di una nuova economia dei servizi in

cui la redditività si sarebbe basata non sulla produzione materiale e sul consumo fine a se stesso, ma sulla fornitura di servizi per soddisfare bisogni umani nell'ambito per esempio della salute e della mobilità. Tale cambiamento, in piena linea con le tendenze attuali, avrebbe portato, secondo quanto scrive l'autore, ad un utilizzo minore delle risorse e ad un minor carico ambientale.

L'autore distingue tra:

- *result services*, (chiamati anche servizi on demand o prodotti di servizio) che mirano a ridurre l'intensità materiale e ambientale dei sistemi esistenti con la vendita di un "risultato" invece che di un prodotto;
- *shared utilisation services* (alcune volte chiamati servizi di utilizzo di un prodotto o prodotti comunitari), che hanno lo scopo di aumentare l'utilizzo delle parti materiali di un sistema, condividendone i prodotti (e.g car sharing);
- *product-life extension services*, servizi che mirano ad aumentare notevolmente la vita utile dei prodotti o dei materiali attraverso la manutenzione, la riparazione, il riutilizzo e il riciclo, riducendo così la quantità di energia e di risorse necessarie per fornire una determinata funzione;
- *demand side management*, (a volte chiamata pianificazione ai minimi costi o gestione integrata delle risorse), che è un concetto nato nel settore della fornitura di energia, che racchiude progetti spesso simili alla prima categoria di servizi "di risultato". In ambito energetico un esempio del concetto sono le Energy Service Company (ESCO<sup>51</sup>).

Quello che possiamo definire come "servizio/prodotto dematerializzato" trova come elemento fondante la *condivisione* e la *comunicazione*.

Sicuramente, enfatizzato dall'attuale periodo di crisi economica, l'idea di possesso di un bene, qualsiasi esso sia, si sta sostituendo all'idea di condivisione del bene stesso.

Altro elemento di spicco di tale cambio di prospettiva è l'attenzione che, ormai da molti anni, viene data all'impatto ambientale di beni e servizi, che portano consumatori, produttori, cittadini ed amministrazioni a mettere in atto scelte di consumo e/o di progetto a basso impatto ambientale.

Alla luce di tutto ciò, *perché possedere dei beni, se si possono usare dei servizi?* La "gestione intelligente" dei tradizionali ambiti del vivere le città e delle loro funzioni urbane, infatti, sintetizza il modello di *smart city*.

---

<sup>51</sup> Le Energy Service Company sono società che forniscono ai propri clienti, in genere utenti con significativi consumi di energia, un insieme di servizi integrati per la realizzazione, ed eventuale successiva gestione, di interventi per il risparmio energetico, garantendone la manutenzione ed i risparmi promessi; la società viene compensata, in base ai risultati, con i risparmi conseguiti, eventualmente anche finanziando l'intervento.

A tal scopo risulta necessario un nuovo approccio alla definizione dei layers o dei sistemi urbani che strutturano la città.

Le infrastrutture tradizionali si trovano, quindi, sottoposte ad un forte cambiamento determinato dalla necessità di offrire nuovi servizi alla città e ai cittadini, mantenendo chiari gli obiettivi quali alta efficienza, basso impatto ambientale e alta capacità di adattamento a lungo termine ai cambiamenti esterni (sviluppo urbano; cambiamento dei bisogni e dei fattori che definiscono la qualità del servizio da offrire al cittadino, etc.). In tale contesto, le ICT e lo spazio digitale (inteso nella sua accezione letterale e figurativa come l'insieme dei dati che si collezionano e si elaborano nel web o attraverso sensori) ricoprono il ruolo di tecnologie abilitanti al cambiamento, per ciò che riguarda sia le infrastrutture fisiche che infrastrutture immateriali.

Esplicativo di tale concetto è il modello a layers di Comunità Smart proposto di recente dall'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione nella ISO/TR 37150:2014 "Smart community infrastructures - Review of existing activities relevant to metrics" (International Standard Organization, 2014,b).

Il modello presenta una struttura gerarchica all'interno della quale prendono posto quelle che, la normativa tecnica, definisce come le diverse dimensioni della *smart city* (Tab. 5).

Il modello si fonda sul fatto che dietro i servizi forniti alla comunità urbana vi sono le infrastrutture (la ISO/TR tratta solo le hard infrastructures), come elemento fondamentale e comune per sostenere la realizzazione degli altri due layers (strutture e servizi).

Tabella 5. Struttura a layers della Comunità Smart (International Standard Organization, 2014, b).

Layers	Funzioni
Servizi	Istruzione, sanità, sicurezza pubblica, turismo, etc
Strutture	Edifici commerciali, edifici per uffici, fabbriche, ospedali, scuole, strutture ricreative, etc
Infrastrutture	Energia, acqua <sup>52</sup> , trasporti, rifiuti, ICT, etc

Focalizzandosi sull'importanza che i servizi hanno nella Comunità Smart e concentrando l'attenzione sulle "urban hard infrastructures", l'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione (ISO), nel Febbraio 2012, ha iniziato a lavorare

---

<sup>52</sup>Con sistema idrico si intende sia quello delle acque bianche che quello delle acque nere..



sulla standardizzazione delle “Smart Community Infrastructures” (International Organization for Standardization 2012; Marsal-Llacuna, 2015), che coincidono con le infrastrutture del modello proposto.

L’infrastruttura di una comunità intelligente deve basarsi sull’integrabilità e implementabilità dei sistemi infrastrutturali che sono a supporto delle attività delle comunità. Nasce quindi il concetto di infrastruttura multi servizio, in una visione olistica del sistema infrastrutturale urbano, cioè in una visione di “*sistema di sistemi*”.

Esempi di applicazioni e progetti di tale concetto sono sempre più comuni, anche perché fortemente sollecitati dagli indirizzi della progettazione e dai finanziamenti comunitari (per esempio Horizon 2020).

Un esempio emblematico di infrastruttura multi servizio è quella dei sistemi semaforici che trasmettono informazioni sul traffico veicolare e che sono in grado di modificare la temporizzazione delle luci di regolazione del traffico (verde e rossa), per fare in modo che le automobili siano sempre in movimento (ciò porta benefici ambientali, nell’abbattimento degli agenti climalteranti in atmosfera e benefici al cittadino, in termini di risparmio nel tempo di percorrenza del tragitto e in termini di risparmio in benzina). Un sistema così fatto utilizza radar o unità video, o ancora spire elettromagnetiche annegate nell’asfalto per ricevere i dati di monitoraggio del traffico dalle strade. Tali sistemi permettono di rilevare l’entità del flusso veicolare che transita, possono elaborare i dati raccolti e trasmettere, per esempio, informazioni sul numero di automobili e sulla velocità di attraversamento della sezione controllata. I dati forniti, permettono così all’Amministrazione Comunale di porre in atto, per esempio, politiche di gestione del traffico ad hoc per specifiche zone della città (benefici a livello di *governance* e ambientali). In più, alcuni sistemi di rilevazione, come ad esempio quelli con unità video o quelli radar, accoppiati a sistemi d’identificazione (sensori) da installare sulle macchine dei privati, consentono anche il controllo del territorio aumentandone la sicurezza e permettendo, per esempio, l’identificazione delle targhe sia allo scopo di multare chi abbia comportamenti scorretti sia allo scopo di individuare automobili di malviventi.

All’interno del layers dei servizi, secondo quanto esposto fino ad ora, l’infrastruttura digitale e ICT assume il ruolo di infrastruttura trasversale (Fig. 19), che abilita la transizione dalle tradizionali “urban hard infrastructures”, in “smart urban infrastructures” (International Telecommunication Union, 2014).

Le nuove tecnologie dell’informazione e della comunicazione hanno però un valore anche all’interno di quelle che sono definite “urban soft infrastructures”, che nell’ottica *smart city* possono essere identificate con quell’insieme di servizi/prodotti immateriali, che nascono dall’interazione sociale, dalla volontà di

risolvere un problema condiviso o sviluppare un'idea al fine di offrire un servizio alla città o ai cittadini (si veda Capitolo 7).

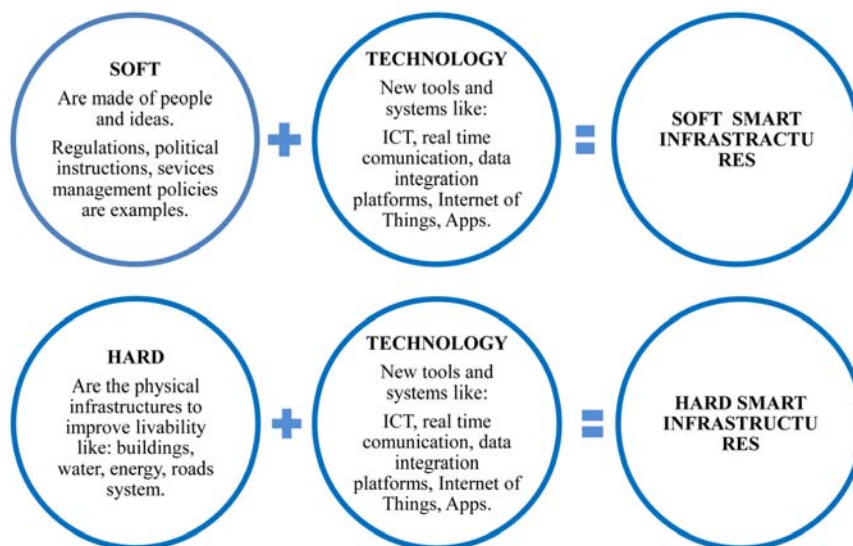


Figura 19. Come possono le infrastrutture diventare smart?

## Capitolo 6. Infrastrutture: la città dei servizi e le infrastrutture fisiche

Sommario - Il presente capitolo delinea il concetto di infrastruttura intelligente e multi servizio, affrontando anche l'interessante aspetto della multi operabilità che sfrutta il potenziale di cogenerazione e di Hub energetico ibrido, i cui concetti di base sono stati, solo recentemente, delineati in (Geidl, 2007). Le infrastrutture che servono una comunità, come le reti energetiche, idriche, dei rifiuti, della mobilità e le tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT), sono infatti i vettori più importanti per il funzionamento efficiente della stessa. Il capitolo, dopo aver delineato i contenuti del documento ISO TR 37150: 2014 relativo alle *Smart Community Infrastrutture*, discute il concetto di Hub energetico portando dei casi studio di distretti (distretto esistente e di nuova formazione) configurati come Hub energetici. La parte conclusiva del capitolo mette in evidenza i diversi approcci necessari per identificare i layers infrastrutturali su cui agire nel caso di distretti di città esistenti e di città di nuova costruzione.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Riva Sanseverino, E. & Vaccaro, V. (2015). Capitolo 8. Le Smart Community Infrastructures: la città dei servizi nella *smart city* in Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino R. & Vaccaro, V. *Atlante delle smart city. Comunità intelligenti europee ed asiatiche* (Vol. 170), pp. 269-278. Franco Angeli.
- Riva Sanseverino, E. & Vaccaro, V. (2016). Chapter 6. Smart Community Infrastructures in Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino R. & Vaccaro, V. *Smart Cities Atlas, Western and Eastern Intelligent Communities*, Springer Tracts in Civil Engineering, Springer. ISBN 978-3-319-47361-1, pp. 173-186.

### 6.1 Infrastrutture fisiche urbane

La crescita incontrollata dei contesti urbani (oltre il 66% della popolazione mondiale entro il 2050 vivrà nelle città<sup>53</sup>), che ci porterà a dover affrontare enormi problemi ambientali e sociali associati al settore residenziale (Ichikawa, 2013), e al conseguente sviluppo delle reti infrastrutturali, è un elemento critico della pianificazione dei nostri tempi, in quanto rischia di minare la sostenibilità di contesti urbani già esistenti.

E' questo il motivo per il quale è crescente la domanda di *Smart Community Infrastructures*, cioè di infrastrutture intelligenti e multi-servizio.

A causa della consapevolezza che la domanda di tali infrastrutture intelligenti, come servizi integrabili e presenti nel contesto urbano a varie scale, crescerà nei decenni futuri, l'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione nel Febbraio 2012, ha istituito un comitato tecnico, ISO TC 268- *Sustainable cities and communities*, per la definizione di Rapporti specifici volti all'identificazione di

---

<sup>53</sup> World Urbanization Trends 2014. <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>

standard e parametri per la misura delle prestazioni della *Comunità Smart* e per la gestione efficiente della stessa anche in termini di infrastrutture.

In merito alle infrastrutture<sup>54</sup>, i rapporti ad oggi pubblicati sono già tre: ISO TR 37150:2014, ISO TS 37151:2015 e ISO TR 37152:2016, volti ad offrire definizioni e parametri relativi alle Infrastrutture fisiche “Smart”.

Alla base delle sopra citate norme vi è il concetto, precedentemente menzionato, di *Comunità Smart* schematizzabile attraverso una struttura gerarchica a layers dove le infrastrutture costituiscono la base (Tab. 6).

Tabella 6. *Struttura a layers della Comunità Smart (International Standard Organization, 2014 b).*

Layers	Esempi di funzioni
Servizi	Istruzione, sanità, sicurezza pubblica, turismo, etc
Strutture	Edifici commerciali, edifici per uffici, fabbriche, ospedali, scuole, strutture ricreative, etc
Infrastrutture	Energia, acqua, trasporti, rifiuti, ICT, etc

La ISO TR 37150 - “Smart community infrastructures - Review of existing activities relevant to metrics”, è stata la prima ad essere sviluppata. Questa, in riferimento alla struttura sopra descritta (Tab. 6), oltre ad individuare le infrastrutture fisiche, o come le chiamano le ISO le *Smart Community Infrastructures* (Tab. 7), ne indica le prestazioni attese riguardo ai principali portatori d’interesse (Tab. 8).

Tabella 7. *Community Infrastructures (International Standard Organization, 2014 b).*

Sistema	Infrastrutture
Energia	Rete elettrica, Gas, Carburante (distributor di benzina),...
Acqua	Sistemi di trattamento delle acque (di uso industriale e non; acque bianche e acque nere), sistemi e reti di depurazione, sistemi e reti di riuso delle acque, ...
Mobilità	Rete di trasporto stradale, ferroviario, aeroportuale, portuale,..
Rifiuti	Sistemi di raccolta e valorizzazione dei rifiuti, riciclo, ...
ICT	Sistemi di raccolta e utilizzo di dati, sensoristica distribuita, sistemi di monitoraggio, Wifi,...

---

<sup>54</sup>Lo specifico comitato che si occupa delle Infrastrutture è il ISO TC 268/SC

Tabella 8. Prestazioni di un sistema Smart Community Infrastructures (International Standard Organization, 2014,b).

	Prestazioni
Punto di vista della cittadinanza	Affidabilità, disponibilità, qualità del servizio, sicurezza, ...
Punto di vista dell'amministrazione o di chi gestisce il servizio	Efficienza operative, resilienza, espandibilità, sicurezza, ...
Punto di vista ambientale	Resilienza al cambiamento climatico, rispetto della biodiversità, conservazione delle risorse naturali, inquinamento, limitate risorse idriche, ...

Dalla Tab.8 si evince come la discussione sulla smartness delle “Community Infrastructures” debba considerare un equilibrio tra svariati punti di vista in linea con il concetto olistico proprio della *smart city*.

Il rapporto (International Standard Organization, 2014,b), che si configura come un inquadramento generale al concetto d'infrastruttura intelligente, presenta il concetto di *smartness* delle Infrastrutture in termini di prestazioni generali e soluzioni tecnologicamente realizzabili e integrabili. Non sono quindi trattati degli standard specifici per ogni infrastruttura (energia, acqua, ecc), ma dell'intero sistema infrastrutturale urbano inteso come un sistema di sistemi. Il rapporto da informazioni su alcune tecnologie esistenti e all'avanguardia, allo scopo di fornire uno strumento per individuare idonee soluzioni progettuali che vengono valutate considerandone l'aspetto ambientale, l'efficienza economica e il miglioramento della qualità della vita dei cittadini.

La Tab. 9 mostra alcuni componenti delle infrastrutture smart.

Tabella 9. Esempi di infrastrutture e componenti

Infrastruttura	Esempio di caratteristiche e componenti
Energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart grid e contatori intelligenti (misura della generazione e della distribuzione);</li> <li>• Bilanciamento del carico, decentramento e cogenerazione del carico (generazione multi vettore);</li> <li>• Sistemi di storage</li> </ul>
Acqua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reti di sensori per il sistema (misura delle perdite e dell'energia utilizzata per la distribuzione);</li> <li>• Sistemi di riciclo e depurazione;</li> </ul>
Trasporti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensori di monitoraggio del traffico;</li> <li>• Infrastrutture per la gestione real time;</li> </ul>

Il valore del documento è quello di dare indicazioni generali e fornire soluzioni possibili per lo sviluppo e la manutenzione delle infrastrutture che, in quanto più orientate alla tecnologia, rispetto agli altri elementi della *smart city* (come gli aspetti di politica, sociali o finanziari) e rispetto agli altri layer della schematizzazione, sono più facilmente standardizzabili.

Ma cosa deve possedere un sistema di tal genere per essere una *Smart Community Infrastructure*?

La definizione condivisa dal sistema di normazione ISO è la seguente:

- Alta efficienza;
- Basso impatto ambientale;
- Integrazione e cooperazione di più infrastrutture<sup>55</sup>;
- Capacità di adattamento a lungo termine ai cambiamenti esterni (urbanistici) ed interni all'infrastruttura stessa.

L'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione sta ad oggi lavorando per la definizione di documenti ad hoc per tipologie di comunità specifiche. Tale discorso si riallaccia a quanto detto nel Capitolo 3 riguardo alla necessità di individuare città ed esperienze “benchmark” a cui gli amministratori possono far riferimento. Infatti, per quanto il concetto di base di un'infrastruttura multi-servizio e intelligente (in termini di infrastruttura ad alte prestazioni ambientali, di utilizzo e di gestione) sia condivisibile da tutte le comunità che vogliono avere uno sviluppo smart, è anche indubbio che, come per i parametri climatologici e urbanistici anche quelli infrastrutturali sono fortemente caratterizzati dal contesto a cui sono asserviti. Si avranno quindi contesti infrastrutturali diversi se si parla di comunità intelligenti “industry oriented”, di “smart small Island”<sup>56</sup>, o di “academic oriented smart communities” (Ichikawa, 2013).

Si è già detto che la scala di distretto, a livello operativo, è probabilmente quella migliore per ottenere obiettivi di efficientamento energetico e di benessere dei cittadini, oltre che la scala a cui riferirsi per testare nuove soluzioni progettuali.

E' per tale motivo che, nelle sezioni seguenti, si discuterà il concetto di Hub energetico inteso come porzione ristretta di territorio (distretto o quartiere) gestito attraverso infrastrutture multiservizio.

Gli ultimi due capitoli affronteranno invece il problema dell'identificazione dei layers infrastrutturali nel caso di città esistenti e nel caso di città di nuova costituzione.

---

<sup>55</sup>Interoperabilità è intesa dalle ISO come la capacità dei sistemi di offrire servizi, accettare servizi da altri sistemi e di utilizzare i servizi scambiati in modo da operare in maniera efficiente.

<sup>56</sup> Per un approfondimento a tal riguardo si veda il capitolo 9 del presente volume.

## 6.2 Hubs energetici e distretti urbani

Come detto l'infrastruttura di una comunità intelligente si fonda sull'integrazione e il potenziale d'implementazione con le altre infrastrutture a supporto delle funzioni urbane di base (Geidl, 2007).

Come proposto da Geidl nella sua tesi di dottorato (Geidl, 2007), il concetto di hub, riprodotto nella figura qui sotto, esplica tale possibile integrazione.

Ci sono un certo numero di sistemi che possono essere modellati come hub energetici, ad esempio:

- aree geografiche limitate (distretti urbani e rurali, città, etc.);
- impianti di generazione elettrica (cogenerazione e trigenerazione);
- impianti industriali (acciaierie, cartiere, raffinerie);
- grandi edifici (ospedali, aeroporti, centri commerciali);
- sistemi energetici isolati (isole, condomini, etc).

L'approccio di Hub energetico, quindi, non è limitato ad una qualche dimensione del sistema modellato. Esso, infatti, permette l'integrazione di un numero arbitrario di vettori d'energia e prodotti, e fornisce un'elevata flessibilità nella modellazione del sistema.

Mentre per la maggior parte delle applicazioni dell'elenco di cui sopra qualcosa può essere trovato in letteratura (Chicco e Mancarella, 2006; Hemmes et al., 2007), per i distretti urbani questo approccio è piuttosto nuovo.

In Fig. 20 viene data una rappresentazione grafica dell'idea per il contesto urbano.

Acque reflue, energia elettrica, gas naturale e biomasse sono tutti vettori di energia che possono essere utilizzati, consegnati, conservati e trasformati per produrre acqua non potabile, elettricità, calore o freddo. La prospettiva è quella di ridurre l'impatto ambientale dell'intero sistema energetico, limitando il ricorso allo stoccaggio di elettricità agli ioni di litio e aumentando la flessibilità nell'utilizzo di energia elettrica e gas naturale. In questo modo, la richiesta di entrambe le risorse può essere adattata alla migliore offerta di mercato del distributore o dell'operatore con un nuovo schema di domanda/offerta multi servizio.

Da un punto di vista sistemico, infatti, la combinazione flessibile di vettori energetici differenti, grazie all'utilizzo di tecnologie per la conversione e l'immagazzinaggio, permette di ottenere i seguenti vantaggi:

- Migliorare l'efficienza e l'affidabilità energetica;
- Aumentare la flessibilità, la sicurezza e la disponibilità di energia;
- Offrire un potenziale di ottimizzazione da:
  - riduzione dei costi energetici;
  - riduzione delle emissioni;

- riduzione e/o cancellazione della congestione sulle infrastrutture.

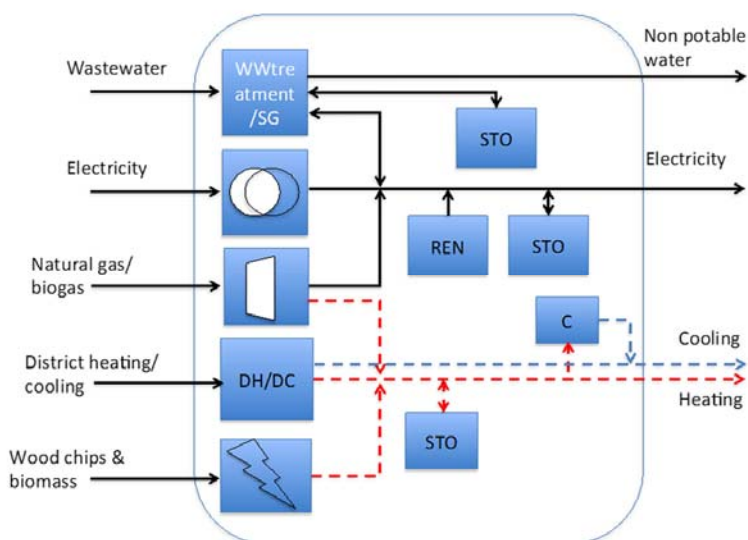


Figura 20. Hub energetico multi-vettore per i distretti urbani.

Riguardo al primo punto, infatti, i molti flussi di input al polo energetico, che possono essere usati per soddisfare la domanda (che sia di acqua, energia elettrica, calore o freddo), chiariscono come l'Hub, in generale, aumenti la disponibilità di energia per i clienti, in quanto la fornitura di un dato servizio non dipende più da una sola infrastruttura (Koeppel e Andersson, 2006; Koeppel, 2007).

In realtà, questo effetto può essere limitato, poiché alcune infrastrutture dipendono da altre, cioè, i vari ingressi dell'Hub non sono totalmente ridondanti<sup>57</sup>. Oltre a ciò, quasi tutte le infrastrutture moderne dipendono dalle reti ICT, per esempio per sistemi di controllo multi-servizio e sistemi di acquisizione di dati, che a loro volta utilizzano energia elettrica.

Per quanto riguarda il secondo punto, i percorsi ridondanti all'interno dell'Hub offrono un certo grado di libertà nella fornitura dei carichi.

Si consideri, ad esempio, il carico elettrico in Fig.20. Quest'ultimo può essere coperto da energia elettrica direttamente all'ingresso o, per una parte (o tutta) della potenza di carico, utilizzando una turbina a gas o anche, a medio termine, utilizzando tecnologie che sfruttino il gradiente salino, SG, delle acque (Elettrodialisi<sup>58</sup> Inversa, RED, o Presso Osmosi Inversa o PRO) (Cipollina e Micale,

<sup>57</sup>Nell'ingegneria dell'affidabilità, la ridondanza è definita come l'esistenza di più mezzi per svolgere una determinata funzione, disposti in modo tale che un guasto del sistema possa verificarsi solo in conseguenza del guasto contemporaneo di tutti questi mezzi.

<sup>58</sup>Processo per cui, applicata una differenza di potenziale, si ottiene l'allontanamento dei sali dalle soluzioni saline grazie all'impiego alternato di membrane cationiche e anioniche poste all'interno di una vasca e consententi rispettivamente il passaggio dei soli ioni positivi e dei soli ioni negativi.



2016) anche utilizzando le acque reflue trattate, per esempio, per mezzo di un bioreattore a membrana, MBR<sup>59</sup>.

L'Hub è in grado, in tal modo, di fornire un'alternativa a un vettore di energia poco attraente, per esempio, con una tariffa alta o che utilizzi un processo produttivo estremamente inquinante. In questo modo il carico appare più elastico in termini di prezzo e forma, anche se il carico energetico effettivo all'uscita dell'Hub rimane lo stesso.

Per ciò che riguarda il terzo punto, la possibilità di implementare diverse combinazioni in ingresso per soddisfare la domanda in uscita fornisce un grande potenziale d'ottimizzazione durante il funzionamento. I diversi ingressi sono caratterizzati da vari costi, emissioni e disponibilità. In questo modo, i flussi d'ingresso possono essere ottimizzati utilizzando il grado di libertà aggiuntivo stabilito da connessioni ridondanti.

La funzione sinergica dell'Hub energetico è intrinseca nell'uso di diversi vettori energetici che mostrano caratteristiche diverse.

L'energia elettrica, per esempio, può essere trasferita su lunghe distanze con perdite relativamente basse. Vettori energetici di origine chimica possono essere accumulati (storage) utilizzando tecnologie relativamente semplici ed economiche. I vettori energetici gassosi possono, ad un certo limite, essere accumulati in rete utilizzando unità di gassificazione. Di conseguenza, caratteristiche di trasmissione e stoccaggio nonché caratteristiche specifiche dei vari vettori energetici possono essere combinate sinergicamente.

Quando si pensa ad applicazioni urbane, però, deve essere considerato lo spazio a disposizione e i volumi per l'installazione delle parti infrastrutturali dell'Hub energetico (generatori, unità accumulo, unità di conversione, ecc); queste caratteristiche, come accennato nei precedenti capitoli, dipendono fortemente dalla morfologia e dalle caratteristiche urbane.

Recentemente, alcune applicazioni mostrano la possibilità di modellare i distretti urbani come Hub energetico (Orehounig, Evins e Dorer, 2015), anche se, a tal riguardo, sarebbe necessario un sostegno a livello normativo.

Il quartiere dovrebbe essere configurato come un "ambiente urbano", un unico sistema energetico nel quale una piattaforma ICT dovrebbe concedere agli utenti

---

<sup>59</sup>Bioreattore a membrana, è una tecnologia per il trattamento delle acque reflue che è stata già distribuita in molte città. Il termine è usato per definire processi di trattamento delle acque reflue, dove una membrana permeabile e selettiva (microfiltrazione o ultrafiltrazione) è integrata con un processo biologico un bioreattore di crescita sospesa. Tutti i processi MBR disponibili in commercio oggi utilizzano la membrana come filtro, respingendo i materiali solidi che si sviluppano dal processo biologico, ottenendo così un prodotto effluente chiarificato e disinfettato. Il primo progetto sperimentale è stato fatto in Germania nel 2008 da Siemens. <https://w5.siemens.com/italy/web/IS/AreaStampa/Documents/Acqua/It%20primo%20bioreattore%20a%20membrana.pdf>

l'accesso al proprio profilo, dopo aver registrato la loro disponibilità a partecipare ai programmi di promozione e di fornire la flessibilità dei propri consumi energetici.

I Paesi Bassi sembrano essere in prima linea nella sperimentazione in questo campo.

Il progetto olandese “Transition in Energy and Process for a Sustainable District Development” (Jablonska et al., 2010) si focalizza sulla transizione verso distretti sostenibili e ad energia zero o neutri da un punto di vista energetico<sup>60</sup>, entro il 2050. Per questo motivo, nel paese, sono stati identificati alcuni distretti pilota, nell'idea che la performance complessiva dipenda dagli edifici e da una fornitura locale efficiente di energia basata sulle energie rinnovabili.

In Apeldoorn (Olanda) e Hillerød (Danimarca) sono stati realizzati due nuovi quartieri che seguono questo concetto.

In Apeldoorn le abitazioni sono collegate ad un sistema di teleriscaldamento, che produce calore da un impianto a biogas proveniente dal trattamento delle acque di scarico e dove caldaie a trucioli di legno vengono usate per coprire i picchi di domanda. In Hillerød le abitazioni sono collegate ad un sistema di teleriscaldamento a bassa temperatura, con caldaie a biomassa, un gassificatore (CHP) e solare termico come sistemi di produzione di calore.

### **6.2.1 Esempi di distretti configurati sulla base del concetto di Hub energetico**

Nel 2008, il Comune di Almere<sup>61</sup> insieme a William McDonough e partner, hanno sviluppato “The Almere Principles”, un libro verde riferito allo sviluppo urbano sostenibile che contiene le linee guida di progettazione per la crescita futura della città.

L'area residenziale, Kruidenwijk, della città di Almere, che conta più di 8.000 persone, dal 2010 è stata selezionata per il potenziamento della rete di teleriscaldamento con calore ad alta temperatura utilizzando l'energia geotermica o altre tecnologie a basso impatto ambientale come ad esempio impianti di cogenerazione a biomassa.

Anche così Almere si sta preparando per il “Floriade 2022”<sup>62</sup>. La città sta applicando i “Principi” allo sviluppo del sito espositivo, e in generale, per la sua crescita in visione *Green Cities*.

Un altro esempio è quello di Apeldoorn<sup>63</sup> che diventerà ad energia zero nel 2035. Il comune di Apeldoorn, attraverso il suo MaterPlan<sup>64</sup> punta, infatti, a uno sviluppo

---

<sup>60</sup>La neutralità energetica vi è nella misura in cui un distretto, in cui è implementato il concetto, può rifornirsi di energia sostenibile generata solo entro i confini di quel distretto.

<sup>61</sup>Una giovane città all'interno dell'area metropolitana di Amsterdam, costruita su terreni bonificati dal mare.

<sup>62</sup>L'esposizione mondiale che si terrà a Almere nel 2022.

<sup>63</sup>Cittadina dei Paesi Bassi di 155.775 abitanti.

tutto elettrico, con reti di teleriscaldamento di piccola scala, se necessario. Biomasse e rifiuti domestici saranno trasportati alle unità di produzione di biogas al di fuori del distretto. Il biogas, migliorato fino alla qualità del gas naturale, sarà trasferito nuovamente al quartiere in cui verrà trasformato in calore ed energia elettrica in infrastrutture ibride che combineranno i due servizi di distribuzione (calore ed elettricità).

La sperimentazione, seguendo i principi di scalabilità e di approccio integrato che combini efficienza energetica e integrazione di FER, ha avuto inizio dal distretto di Zuidbroek (117.000 m<sup>2</sup>), costituito da edifici bassi, in gran parte residenziali, e da un grande centro comunitario.

Il quartiere, le cui prime costruzioni risalgono al 2009, ha le seguenti caratteristiche (Rooth, 2013):

- Coefficiente di prestazione energetica degli edifici (EPC<sup>65</sup>) di 0,8, per gli edifici costruiti prima del 2012, nuovi edifici, realizzati dopo il 2012, con EPC di 0,64;
- 2,65 GJ di risparmio di energia supplementare per ogni abitazione all'anno (attraverso, ad esempio l'installazione di 400 Wp di pannelli solari ad abitazione).
- Teleriscaldamento per 2.500 abitazioni;
- Digestore di liquami (1,5 MWe);
- Caldaie a pellet (tot di 2,8 MWt).

La Fig. 21 mostra il funzionamento del sistema energetico di Zuidbroek. Le acque reflue dalle abitazioni fluiscono nell'impianto di trattamento delle acque di scarico (BCF, Biologisch/Chemische Fosfaat en Stikstof verwijdering<sup>66</sup>); dopo la disidratazione, il fango viene digerito e il biogas viene bruciato in un impianto di cogenerazione (produzione combinata di calore ed energia, CHP) che genera elettricità che viene utilizzata per le pompe dell'impianto di trattamento delle acque reflue. Il calore generato dall'impianto di cogenerazione viene usato per il sistema di teleriscaldamento del distretto. Per coprire i picchi di domanda di calore, sono utilizzate caldaie aggiuntive a biomassa e/o gas naturale. Pannellifotovoltaici e solare termico sono parte integrante del progetto, installati sulle abitazioni nonché sugli edifici per uso ufficio del quartiere.

---

<sup>64</sup> Apeldoorn barst van de energie (2009): Apeldoorn is bursting with Energy.

<sup>65</sup> L'EPC è basato sul consumo energetico dell'edificio e comprende, per le abitazioni, l'energia per riscaldamento e acqua calda sanitaria e il consumo di energia elettrica per la ventilazione, per il pompaggio e il raffrescamento. Ci sono requisiti minimi per le prestazioni dei singoli componenti, ma l'EPC può essere raggiunto da una serie di pacchetti di misure.

<sup>66</sup> Trattamento biologico delle acque reflue e acque di scarico.

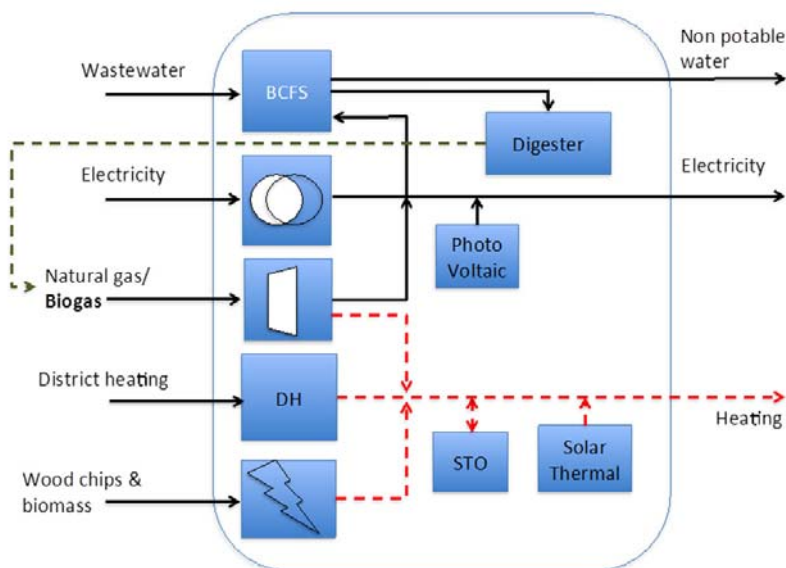


Figura 21. Funzionamento del sistema energetico del distretto di Zuidbroek (NL).

In Danimarca, viene portato avanti un'altro progetto di Comune ad energia zero, il Comune di Hillerød. Il progetto è stato modificato in modo significativo fin dai primi anni; infatti, all'inizio della fase sperimentale che riguardava un quartiere del Comune, l'Amministrazione aveva puntato sulla realizzazione di oltre 79.000 m<sup>2</sup> di abitazioni a basso consumo energetico, monofamiliari e non, nel distretto di Ullerødbyen. Tuttavia, a causa della crisi finanziaria, nei primi anni del progetto, ha avuto luogo una forte riduzione delle ristrutturazioni di abitazioni private, in Hillerød e in tutto il paese. Il progetto, quindi, è stato ampliato a tutta la città di Hillerød in modo da comprendere anche altri tipi di edifici come quelli ad uso ufficio. Questo cambiamento ha portato anche ad un forte aumento dell'uso di pannelli solari fotovoltaici, che, da circa 8 kWp sono passati a oltre 400 kWp.

Nel corso del progetto, in Ullerødbyen e nelle sue vicinanze, è stato realizzato quanto segue:

- Rete di teleriscaldamento a basse temperature per il distretto;
- Collettori solari termici (>3,700 m<sup>2</sup>);
- Ristrutturazione di 86 edifici giunti in Classe 1 (consumi minori del 50% rispetto ai requisiti richiesti per legge in Danimarca).
- Ristrutturazione di 20 edifici, giunti in Classe 2 (consumi minori del 25% rispetto ai requisiti richiesti per legge in Danimarca);
- Installazione di caldaia a biomassa (6 MW termici);
- Gassificatore a biomassa (500 kW elettrici ed 1 MW termici);

- Riqualficazione energetica di edifici per uffici, università e centro conferenze (in totale 27.000 m<sup>2</sup>).
- Pannelli solari fotovoltaici (410 kWp);
- Riqualficazione energetica di edifici scolastici in un quartiere nelle vicinanze (3.000 m<sup>2</sup>).

Anche se in Hillerød, come in Zuidbroek, è stato implementato un efficiente sistema di monitoraggio ICT, una vera e propria gestione energetica integrata multi-vettore non è stata ancora sperimentata e sembra che a livello distrettuale questo tipo di implementazione debba ancora essere sperimentata a livello mondiale.

### **6.3 Città con preesistenze: l'approccio di pianificazione di distretto attraverso layer infrastrutturali**

Alla luce di quanto detto, per quanto la pianificazione di distretto sia la scala ottimale per portare avanti progetti scalabili e replicabili, è indubbio che quanto più si scende a scale di pianificazione ridotte, come è il caso del quartiere, tanto più le specifiche caratteristiche del contesto (caratteristiche degli edifici presenti, dei sistemi impiantistici, disponibilità di fonti energetiche rinnovabili, etc.) sono determinanti per identificare idonee azioni progettuali.

Nel caso di città esistenti, sembra opportuno operare su distinti aspetti che in qualche modo individuano i layers su cui agire:

- azioni di riqualficazione energetica di edifici, laddove possibile;
- infrastrutturazione ICT diffusa (e.g. accesso libero alle reti wi-fi);
- infrastrutturazione ICT diffusa per il monitoraggio e la gestione delle reti di servizi;
- interventi sulla mobilità.

Il primo intervento deve partire da un'*analisi della città per epoche costruttive*. Sarà così possibile identificare le tipologie edilizie presenti, a cui possono riferirsi possibili parametri per la delimitazione dei differenti quartieri, e possibilmente l'*identificazione dei punti di connessione all'infrastruttura principale dei servizi comuni* (acqua, energia elettrica, gas, rifiuti, fluidi termovettori, ...). Individuate le tipologie edilizie, sarà possibile identificare set adeguati di misure per la riqualficazione energetica e procedure standardizzate per la loro implementazione.

La seconda misura è già oggetto d'implementazione in molte città italiane e mondiali e non presenta particolari criticità, al di là dell'aspetto di inquinamento massiccio dell'ambiente dal punto di vista elettromagnetico i cui effetti devono ancora essere clinicamente valutati.

Per quanto riguarda il terzo aspetto, attualmente, in Italia non esistono infrastrutture *ICT multi-servizio*, ossia che siano in grado di ospitare dati che fanno riferimento a più servizi erogati a ciascuno degli utenti.

Questo a causa di un meccanismo regolatorio che, per esempio, al momento non consente l'accesso alla rete di tele lettura del gas da parte di altri gestori e non ha istituito la figura del gestore della infrastruttura ICT multiservizio.

L'utilizzo di *un'unica infrastruttura ICT per la gestione di più servizi* (Fig. 22) consentirebbe un risparmio da parte dei singoli gestori che condividerebbero i costi associati alla connettività ed una minore invasività legata, in ambiente urbano, ad infrastrutturazioni diverse.

Più comunicazioni distinte, infatti, prevedono un maggiore inquinamento elettromagnetico e l'installazione di un maggior numero di dispositivi sotto utilizzati per la ripetizione dei segnali, per il loro condizionamento ed eventuale conversione<sup>67</sup>. D'altra parte, se la nozione d'infrastruttura multiservizio può prestarsi bene al monitoraggio, non è ancora chiaro in che misura tecnicamente soluzioni analoghe potrebbero applicarsi al contesto della gestione.

Le costanti di tempo dei fenomeni fisici coinvolti nella gestione dei servizi elettrico, idrico, termico, etc. sono infatti fortemente differenziati e in modo conseguente i tempi di risposta e le dinamiche associate alla gestione. Ciò nonostante, vi sono diverse sperimentazioni d'infrastrutture dedicate alla gestione di più servizi in modo concorrente nel mondo per conseguire un obiettivo di riduzione dei consumi di energia elettrica.

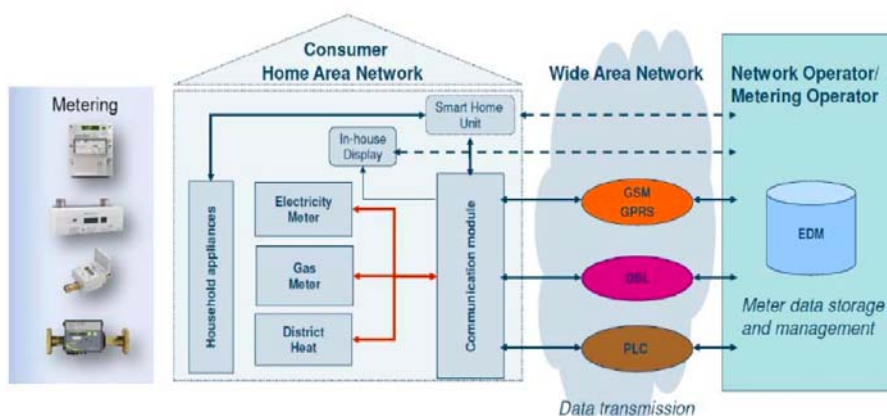


Figura 22. Strumenti per il dialogo dei layers, dalla scala domestica al quartiere.

A dimostrare l'interesse in Italia per una logica di gestione multiservizio, a settembre 2014, l'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEG, 2014) ha annunciato che in nove grandi città italiane prenderà il via la

<sup>67</sup> <http://www.telecomitalia.com/content/dam/telecomitalia/it/archivio/documenti/Innovazione/Notiziario Tecnico/2013/n3-2013/07.pdf>

sperimentazione nei settori del gas, dell'acqua, dell'energia elettrica, teleriscaldamento ed altri servizi di pubblica utilità di "smart meter multi servizio", per un totale di circa 60 mila punti di fornitura coinvolti.

I progetti pilota di telegestione multiservizio verranno realizzati a Torino, Reggio Emilia, Parma, Modena, Genova, Verona, Bari, Salerno, Catania e in alcuni comuni di minori dimensioni come stabilito da un'apposita commissione composta anche da esperti esterni nominata dall'AEEG.

Il finanziamento dei progetti proviene da un piccolo contributo dai consumatori (circa 10 centesimi l'anno per consumatore a livello nazionale), prelevato attraverso la bolletta del gas. L'idea è quella di un'infrastruttura condivisa per trasferire i dati sui consumi dai contatori di energia elettrica, gas, acqua ai diversi fornitori. Una soluzione innovativa e tecnicamente avanzata che consentirebbe di ridurre i costi di gestione e di funzionamento dei servizi, assicurando una gestione ottimale dei flussi di dati.

I risultati della sperimentazione saranno resi pubblici e messi a disposizione di tutti gli operatori dei servizi regolati direttamente dall'Autorità, ma potranno essere resi disponibili anche in altri settori come l'illuminazione pubblica o altri servizi per la *smart city*.

Fra questi, la sperimentazione di sensori per parcheggi dedicati ai portatori di handicap (prevista dal progetto della ASEC di Catania); di sensori per le rilevazioni del rumore (AGSM Verona); di sensori per misurare il riempimento dei cassonetti dei rifiuti (Hera di Modena), di sensori per la rilevazione delle perdite dall'acquedotto pubblico (Acquedotto Pugliese e Comune di Bari).

L'Autorità ha inoltre previsto la fornitura ai clienti di informazioni sui propri consumi "online" e in ottica multi-servizio: anche se i contatori delle diverse utenze rimarranno separati, i clienti potranno accedere ad un unico sito web nel quale trovare tutti i consumi relativi alle diverse forniture.

La realizzazione e gestione dei sistemi di tele gestione multi-servizio sarà a cura di "operatori terzi", separati rispetto ai distributori di gas coinvolti nei progetti. I tempi previsti sono di un anno per la realizzazione, e da uno a due anni per la fase di esercizio; in quest'ultima fase, i soggetti che realizzano le sperimentazioni dovranno inviare report periodici all'Autorità e diffondere i risultati ottenuti.

Per quanto riguarda la possibilità di ottenere un *efficientamento energetico delle reti di servizi*, occorre mettere in evidenza che ciò è possibile utilizzando infrastrutture ICT multiservizio come già descritto, perché solo l'accessibilità ai dati di consumo delle varie risorse da parte dei vari sistemi di controllo consente di effettuare un effettivo efficientamento integrato delle varie infrastrutture.

A livello mondiale, si inizia anche a ragionare sulle opportunità offerte dall'uso efficiente dell'energia elettrica come servizio ausiliare per il pompaggio dell'acqua. Questo è certamente possibile grazie all'utilizzazione di una rete multi-servizio.

Un report del 2013 dell'EPA (Environmental Protection Agency, USA, 2013) mostra quali possono essere i risparmi conseguibili da una *gestione congiunta di acqua ed energia elettrica*.

Quest'obiettivo può essere conseguito certamente utilizzando macchine elettriche (pompe) a maggiore efficienza ma anche l'utilizzazione della risorsa in orari nei quali l'energia elettrica costa meno. Ciò è certamente possibile laddove sono presenti sistemi di accumulo idrico, dai bacini di raccolta alle cisterne condominiali per l'accumulo idrico costruite in Sud Europa negli anni in cui vi era una cronica carenza nella distribuzione di acqua potabile. Ciò consentirebbe la possibilità di distribuire l'acqua solo in orari nei quali l'alimentazione delle pompe attraverso l'energia elettrica costi meno con un evidente impatto sui costi di gestione del sistema idrico. Si attuerebbe così la possibilità di accumulare un'altra risorsa diversa dall'energia elettrica per conseguire però risparmi per gli utenti ed una migliore utilizzazione della infrastruttura elettrica oltre che una riduzione delle perdite di energia.

#### **6.4 Città di nuova costruzione: l'approccio di pianificazione di distretto della città che utilizza i layers**

Se nel caso delle città esistenti è possibile soltanto agire sulla gestione multiservizio delle utenze e pertanto soltanto sulle infrastrutture condivise, nel caso di città di nuova costruzione, è possibile anche *pianificare i layers relativi alle infrastrutture* stesse anche al fine di ottimizzarne la gestione.

Le città di nuova costruzione possono essere pianificate per massimizzare la produttività nel caso i cui la vocazione del sito sia prevalentemente orientata alla produzione industriale, oppure per massimizzare l'efficienza dei servizi offerti.

Un esempio di questo approccio è ciò che è avvenuto nel distretto produttivo di Shijingshan a Beijing in Cina.

L'azione principale è stata quella di rimuovere lo Shougang Group, un grosso produttore di acciaio che contribuiva con circa metà delle entrate fiscali al distretto ed il 40% dell'inquinamento atmosferico nel 2007.

La localizzazione del produttore di acciaio nel caso in esame era strategicamente difforme dalle prospettive di sviluppo del distretto della città di Beijing, in cui il focus era diventato l'industria dei servizi e la manifattura hightech. Per tali motivi nel 2005 cominciò la dismissione dell'impianto del gruppo di acciaierie e nel 2010 la dismissione era completata. L'aumento della proporzione delle industrie di servizi hanno portato ad una riduzione forte delle emissioni ed ad un aumento nella



contribuzione al prodotto interno lordo del distretto che è raddoppiato fra il 2001 ed il 2010.

La riprogrammazione del territorio sulla base dei servizi che esso offre, siano essi produttivi che legati ad aspetti sociali e di benessere dei cittadini, può essere effettuata, anche in questo caso, grazie a un approccio a layout (Li Z. et al., 2012) o a layer.

Il territorio viene quindi immaginato come *un insieme di nodi in cui si esplicano alcune funzioni urbane orientate alla produzione industriale o di servizi, oppure orientati al cittadino o entrambi.*

L'azione principale consiste nell'ottimizzazione spaziale dell'utilizzo del territorio e della corrispondente attribuzione di funzioni urbane, mirate ad evitare di implementare luoghi di erogazione di servizi non necessari (ad esempio: mobilità), ridurre la proporzione della mobilità su ruote in rapporto alla mobilità totale e l'incremento del trasporto pubblico.

Inoltre, si potrà così ottimizzare anche l'infrastrutturazione riducendo ridondanze ed errori anche per ciò che concerne l'energia, l'acqua ed il gas.

Un esempio di tale approccio è l'Ecocity di Tianjin in Cina che è un'area urbana di nuova costruzione (Fig. 24).

I principi pianificatori del progetto sono:

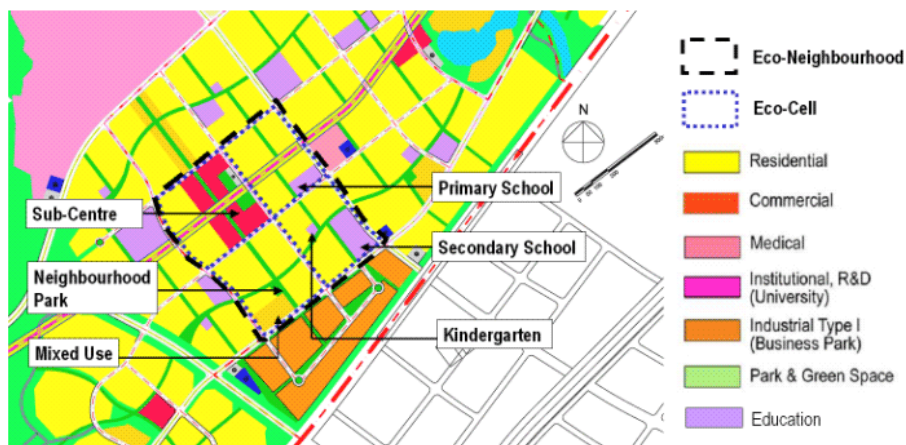
- Sviluppo modulare della città, attraverso l'utilizzo di un sistema ase, l'Eco-cellula. Ogni cellula è di circa 400 metri per 400 metri, distanza generalmente accettata per essere percorsa a piedi. Quattro Eco-cellule fanno un Eco-quartiere. Diversi Eco-quartieri si uniscono per formare un Eco-distretto. La città è composta da quattro Eco distretti (aree arancioni);
- I quartieri risultano compatti e strutturati in modo da accogliere ed offrire tutti i servizi alla base del vivere in città (commerciale, uffici, residenziale), e ridurre quindi gli spostamenti;
- Una rete di viabilità dolce (percorsi coperti per pedoni, bici e veicoli a zero emissioni), in ingresso ai vari quartieri, si collega agli assi di mobilità principale (asse blu) che è costituita dalla rete del tram e alle poche strade carrabili;
- La rete stradale per i veicoli motorizzati è separata da quella non motorizzata per ridurre al minimo il conflitto tra pedoni, ciclisti e veicoli, con priorità per i pedoni e mezzi di trasporto non motorizzati, così come per i mezzi pubblici.



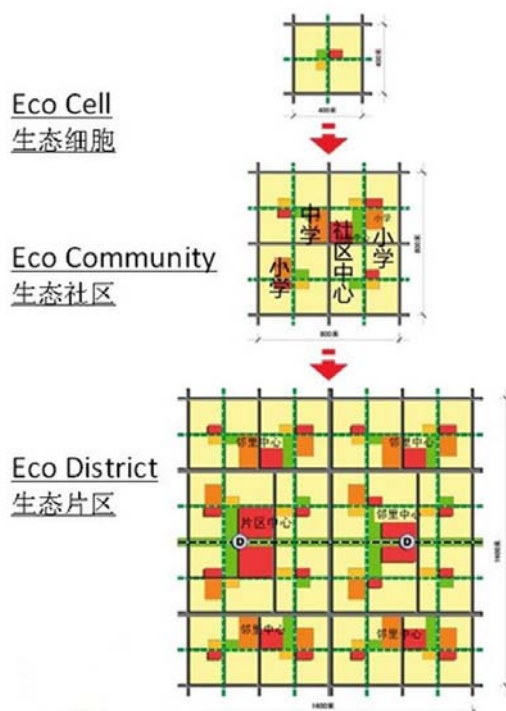
Figura 23. Vista 3D del progetto della città di Tianjin (Cina).



(a)



An illustration of the Eco-cell  
(b)



(c)

Figura 24. Master Plan di Tianjin, Cina (a) e aggregazione modulare (b, c): dall'Eco Cellula all'Eco Distretto ([http://www.tianjinecocity.gov.sg/bg\\_masterplan.htm](http://www.tianjinecocity.gov.sg/bg_masterplan.htm))

## Capitolo 7 - Infrastrutture: pratiche di condivisione, servizi dematerializzati e nuove infrastrutture immateriali

**Sommario** - Attraverso nuovi approcci integrati generati dall'utilizzo delle tecnologie (ICT) e del web, che assumono il ruolo di strumenti abilitanti al cambiamento, le città contemporanee stanno fortemente mutando. L'era digitale crea, infatti, i presupposti per il nascere di nuovi strumenti e nuovi servizi per i cittadini, basati sulla comunicazione, sulla condivisione e sulla partecipazione. Il capitolo contestualizza tale cambiamento focalizzandosi su alcuni esempi di quelli che si possono definire "servizi dematerializzati" delle città contemporanee, intesi come nuovi servizi urbani e nuove pratiche del vivere in comunità nelle città intelligenti.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino R. & Vaccaro, V. (2015). Sharing practices in the digital age: inclusive processes and new citizens in the intelligent city. International Conference Proceedings 3rd Edition of "Inhabiting the Future", pp. 1193-1202. Napoli 1-2 Ottobre 2015.
- Riva Sanseverino, E. & Vaccaro, V. (2016). Chapter 7. The role of sharing practices and dematerialized services in smart cities in Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino R. & Vaccaro, V. *Smart Cities Atlas, Western and Eastern Intelligent Communities*, Springer Tracts in Civil Engineering, Springer. ISBN 978-3-319-47361-1, pp. 187-206.

### 7.1. Comunicazione e condivisione nelle smart cities

Le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione hanno un valore anche all'interno di quelle che sono definite *urban soft infrastructures* o servizi dematerializzati che, nell'ottica *smart city*, possono essere identificati con quell'insieme di servizi/prodotti immateriali, che nascono dall'interazione sociale, dalla volontà di risolvere un problema condiviso o sviluppare un'idea al fine di offrire un servizio alla città o ai cittadini.

Il processo di sviluppo di questi nuovi servizi immateriali (tradizionalmente intesi nella forma di ciò che riguarda le istituzioni e le regolamentazioni, ma che oggi si evolvono in servizi offerti dai cittadini per i cittadini, quali *crowdsourcing*, *carsharing*, etc.) si sviluppa all'interno di un'insieme indefinito di persone non organizzate precedentemente che, favorite dagli strumenti che mette a disposizione il web, diventano soggetti attivi della fornitura di un servizio.

L'enciclopedia Wikipedia è un esempio concreto di come la condivisione della conoscenza, da parte di attori liberi, offra un servizio alla *community open source*.

Comunicare (insieme a condividere) è diventato un nuovo "luogo" della città contemporanea.

Le esperienze di spazi di *co-working* sono sicuramente un esempio concreto di un luogo di innovazione sociale. La condivisione di attrezzature, dei sistemi informativi, delle conoscenze e delle abilità, sono gli ingredienti per assicurarsi che i luoghi di lavoro diventano un moltiplicatore di guadagni in conto capitale (Gerdenitsch et al., 2016). Le potenzialità, anche produttive, ed i vantaggi che ne possono derivare alla collettività in termini di servizi offerti è tale che, alcune regioni come ad esempio la Toscana, forniscono delle agevolazioni ai giovani che vogliono sposare questo nuovo modello lavorativo che, inoltre, comprime i costi di gestione.

Tali spazi sono aumentati rapidamente in tutto il mondo (nel 2015 esistevano al mondo 7800 spazi, con un tasso di crescita del 83% tra il 2012-2013 e del 36% tra il 2014-2015). Un interessante classifica dei migliori spazi di coworking a livello mondiale per il 2016<sup>68</sup>, mostra come i migliori siano molto più di uno spazio per ufficio condiviso. Non creano solo luoghi ideali per creare lavoro, ma sono anche la centri per l'innovazione e creano notevoli reti locali.

Tantissime *startup*, per esempio, sono nate proprio in ambito coworking. Spesso sono laboratori d'innovazione digitale, come *Applico Digital Lab*<sup>69</sup>, (polo infrastrutturale per l'innovazione "al digitale" nato dalla visione strategica di quattro imprese umbre attive da molti anni nel settore ICT). L'idea, è quella di aggregare visioni innovative e professioni "digitali" per favorire lo sviluppo di una progettualità sinergica attraverso la condivisione di proposte formative ed eventi mirati. Ogni APPLICANTE, ovvero i coworkers di APPLiCO, oltre alle potenzialità offerte da un ambiente di lavoro condiviso, potrà contare su un servizio di tutoring dedicato, in grado di sostenerlo nello sviluppo della propria attività imprenditoriale, dal reperimento fondi all'estensione delle reti relazionali.

Supportati dalle sensibili innovazioni nel campo dell'*Information and Communications Technology* (ICT) e dai *Social Network*, i cittadini stanno cambiando mentalità e abitudini, come anche riferiscono gli studi di settore.

Politici, imprenditori, ma anche gente comune valuta l'importanza dell'aspetto comunicativo delle proprie attività e si affida sempre con maggior fiducia al web. Persino il Santo Padre (Papa Francesco, 2015) ha innovato strategie e modi per comunicare con i fedeli accorciando le distanze attraverso l'uso delle tecnologie digitali.

Se usiamo le metriche economiche o sociali, Internet è una delle più importanti infrastrutture tecnologiche oggi esistenti. Una semplice misura dell'impatto di tale strumento e dell'importanza che esso ha all'interno della comunità contemporanea, è quello di considerare il numero di utenti, che a partire dal giugno 2010 è stato di 2

---

<sup>68</sup><http://www.symmetry50.com/blog/2016/coworking>

<sup>69</sup><http://www.coworkingitalia.org/applico>

miliardi, mentre dal punto di vista economico, nel 2010 il fatturato delle aziende Internet nei soli Stati Uniti era di oltre 70 miliardi di dollari<sup>70</sup>.

L'ondata di proteste politiche che ha investito l'Egitto nel 2011, ci hanno dato un'indicazione dell'impatto che Internet ha in termini sociali. E' ormai noto, infatti, come grazie ai Social Network, i cittadini abbiano trovato nuovi canali per poter mettersi in contatto e cercare di scardinare il sistema di potere. A nulla è servita la stretta contro il web da parte delle autorità che hanno bloccato internet e i social network (Facebook e Twitter) per impedire lo scambio di informazioni tra gli oppositori. È interessante notare che stiamo parlando della potenza di Internet in un paese dove, nel 2011, la penetrazione di Internet era del 21%, mentre del 79% per la Germania (Di Liddo et al., 2011; Domingue et al., 2011).

E ancora, un interessante studio condotto da Cisco IBSG già nel 2011 (Evans, 2011) prevedeva che i dispositivi connessi a internet avrebbero raggiunto al 2015 i 25 miliardi, per arrivare al 2020 a 50 miliardi, il dato risulta sorprendente se si pensa che il calcolo si basa sull'intera popolazione mondiale, molta della quale in realtà non dispone ancora di connessione a Internet.

In Italia, i dati forniti dall'Istat<sup>71</sup> sul campione del paese, ci dicono che, nel 2014 aumenta rispetto all'anno precedente la quota di famiglie che dispongono di un accesso ad Internet da casa e di una connessione a banda larga (rispettivamente dal 60,7% al 64% e dal 59,7% al 62,7%).

Il quadro evidenzia che le famiglie con almeno un minorenni sono le più attrezzate tecnologicamente, rimanendo stabile il divario sul territorio fra nord e sud (le famiglie del Centro-nord, che dispongono di un personal computer e di un accesso ad Internet da casa sono circa il 66%, contro il 57,3% delle famiglie del Mezzo-giorno). Rispetto al 2013 rimane stabile l'uso del personal computer ma aumenta l'uso giornaliero del web (+3,3 punti percentuali). Infatti, la diffusione capillare dei telefoni cellulari di ultima generazione, fa compiere il passo in avanti, facendo sì che i cittadini possano diventare quasi dei sensori ricettivi (Carta, 2014) di una città in movimento ed in continua mutazione, potendo registrare situazioni diverse e concorrere con il loro comportamento a far funzionare meglio i servizi urbani.

Come noto, il concetto di "città intelligenti" ha suscitato notevole attenzione nel contesto di politiche di sviluppo urbano. Internet, sensori e tecnologie a banda larga assumono sempre più il ruolo di abilitatori di servizi per lo sviluppo urbano, mentre le città stanno sempre più assumendo un ruolo fondamentale come motori dell'innovazione in settori quali salute, inclusione sociale, ambiente e imprese (Kroes, 2010).

---

<sup>70</sup> [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/telecommunications\\_connected\\_world\\_growth\\_glob\\_al\\_mobile\\_internet\\_economy/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/telecommunications_connected_world_growth_glob_al_mobile_internet_economy/)

<sup>71</sup> <http://www.istat.it/it/archivio/143073>

L'avvento dell'era digitale, infatti, ha radicalmente trasformato il nostro modo di vivere permettendo lo sviluppo di nuovi strumenti attivatori di benessere urbano attraverso la partecipazione sociale (Schaffers et al., 2011).

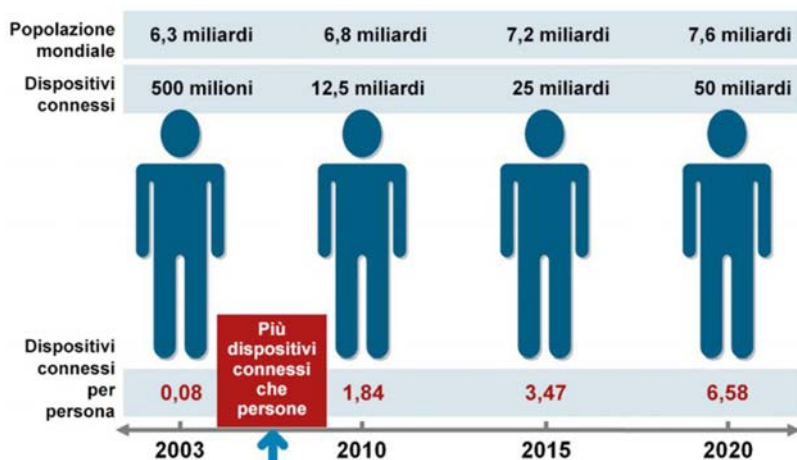


Figura 25. Previsione della crescita dei dispositivi connessi ad Internet a livello mondiale (Evans, 2011)

Mentre fino ad oggi il ruolo fondamentale di città e regioni in materia d'innovazione si focalizzava sulla distribuzione di un'infrastruttura a banda larga il più possibile distribuita sul territorio (Eurocities, 2010), oggi le città e le aree urbane sono considerate non solo come oggetto d'innovazione, ma anche come ecosistemi dell'innovazione, che permettono, attraverso la capacità di cocreazione delle comunità e la partecipazione di utenti e cittadini, di sviluppare progetti e azioni smart.

## 7.2. Le Mobile Apps e cittadini come “strumenti abilitanti” per servizi dematerializzati

E' in tale contesto, che si sviluppano sempre di più nuovi servizi immateriali nella gestione “dell'abitare” che, tramite l'utilizzo di smartphone e tablet e grazie allo sviluppo di Applicazioni (Apps) *user friendly* e dati *open source*, riescono a raggiungere il cittadino e ad utilizzarlo come sensore ricettivo o come fornitore/utilizzatore di un servizio riprendendo quel concetto di prosumer (produttore/consumatore) che già in ambito energetico è abbastanza noto.

Un interessante lavoro (Castellano, 2014) ha affrontato il concetto di *sharing economy* riportando l'esempio di alcune delle più famose Apps utilizzate a livello mondiale che offrono quelli che, nel Capitolo 5, abbiamo indicato come *shared utilisation services*, creando anche alternative di business e lavoro.

Ad oggi, infatti, si può facilmente condividere qualsiasi bene, come ad esempio una casa (Airbnb App), un'auto (Uberpop App) o un pasto (Gnammo App). I benefici di un'economia così strutturata sono quelli di aiutare ad ammortizzare i costi di gestione del bene posseduto, oltre che offrire il valore aggiunto dello scambio di esperienze e conoscenze che tali servizi indirettamente offrono.

Il successo di un'App o di un'iniziativa, è il feedback, che è un modo di comunicare le proprie esperienze ai futuri consumatori/utilizzatori. La recensione (come condivisione di un'esperienza) diventa la molla che fa scattare la curiosità e coinvolge la community.

Fabio Era (Paparo, 2014, p.2), ricercatore senior della Ipsos asserisce che «*la novità, l'innovazione, la sostenibilità ambientale e l'etica implicite nella condivisione di beni e servizi sono i veri aspetti determinanti del successo delle Apps*».

Servizi basati sulla condivisione stanno diventando comuni e funzionano al punto che, in uno Stato intero degli Usa, l'Oregon, le Amministrazioni delle città condividono, attraverso una piattaforma digitale, mezzi pesanti per la manutenzione delle strade<sup>72</sup>, il vantaggio è quello che la singola Amministrazione non debba possedere per forza tutti i mezzi necessari alla manutenzione delle strade con i conseguenti vantaggi economici.

La sharing economy, quindi, reinventa il concetto di possesso arrivando a quello che Rachel Botsman (Botsman e Rogers, 2010) chiama consumo collaborativo, che si basa sulla fiducia.

Il processo, come detto, è reso possibile da strumenti quali: *open data, servizi cloud computing, Internet of Thing e Apps*.

Le Applicazioni (Apps) per smartphone, infatti, sono uno strumento che ha iniziato a proporsi sul mercato circa quindici anni fa, ma che solo da qualche anno è diventato un fenomeno di massa che coinvolge i cittadini, giovani e meno giovani, e le Amministratori locali.

Quello dello sviluppo delle Apps è un settore che, ad oggi, vanta un giro d'affari di svariati miliardi di dollari e soprattutto di milioni di sviluppatori e utilizzatori.

Gli elementi "smart" e i benefici di questo strumento sono:

- poter essere sviluppato con investimenti moderati (il costo medio per lo sviluppo va dai 1000 ai 1500 euro) (Filippini, 2015; Carter, 2011),
- poter essere sviluppato anche non avendo competenze specifiche. Ci si può infatti affidare ad un freelance, ad un'agenzia o a servizi "do it yourself"

---

<sup>72</sup><http://www.report.rai.it/>



che permettono uno sviluppo *cross-platform*<sup>73</sup> senza dover conoscere linguaggi di programmazione;

- offrire la possibilità di utilizzare i dati open source. Molte applicazioni utilizzano i dati open source forniti dalle Amministrazioni comunali (ad esempio, è il caso del Comune di Bologna in Italia) oppure possono interfacciarsi con le più comuni piattaforme di dati come Google Map;
- fornire servizi per migliorare la vita quotidiana dei cittadini. Offrono, infatti, servizi innovativi di risposta ai reali e concreti bisogni dei cittadini. L'idea di sviluppo di una App, infatti, spesso nasce dagli stessi cittadini che, condividendo un problema sviluppano un modo per avere una soluzione semplice e dai benefici immediati.
- essere uno strumento orizzontale (i dati mostrati precedentemente, relativamente all'utilizzo del web e degli smartphone, danno un indice del potenziale di utilizzatori di tali strumenti);
- permettere alle Pubbliche Amministrazioni di accorciare la distanza con i cittadini, offrendo la possibilità di coinvolgerli e partecipare, nella gestione del bene pubblico, oltre che sperimentare strumenti che portano benefici ambientali e sociali (è il caso delle App relative alla gestione del traffico veicolare).

E' per l'insieme di tutti questi benefici che le Pubbliche Amministrazioni stanno sempre più considerando le Apps come strumenti operativi di pari dignità rispetto allo sviluppo urbano e alla progettazione tradizionale.

Le prime esperienze relative all'utilizzo di Apps nella gestione dei servizi urbani risalgono oramai a qualche anno fa e si riferiscono alle città definite precursori del concetto di *smart city*<sup>74</sup> come ad esempio Stoccolma, Amsterdam e Singapore. Queste sono state le prime che, attraverso la rilevazione compiuta sui telefoni cellulari, per esempio, hanno sperimentato nuovi modi per la gestione del traffico cittadino.

Se ci si riferisce ai progetti *smart city*, possiamo trovare progetti che utilizzano le Apps in tutti i sei settori della città smart (economia intelligente; mobilità intelligente; ambiente intelligente; persone intelligenti; vita intelligente; governance intelligente), un esempio emblematico di ciò è quello della città di Bologna.

La città di Bologna, ad oggi, occupa il secondo posto nella classifica italiana delle città "smart", seconda solo a Milano<sup>75</sup>.

---

<sup>73</sup> Modalità di sviluppo delle soluzioni software indipendente dal sistema operativo che consente la produzione di Apps fruibili su più sistemi

<sup>74</sup> Città che da più di un decennio sperimentano modi alternativi di far funzionare la città mantenendo sotto costante controllo il livello di emissioni climalteranti.

<sup>75</sup> Classifica iCity Rate 2015, <http://www.repubblica.it/>

Nella sua prima fase di lavoro (2011) la città, attraverso la piattaforma Bologna *Smart city*, ha individuato sette ambiti chiave sui quali sviluppare le proprie azioni smart e raccogliere adesione da enti e imprese private al fine di creare partnership per azioni precise.

Tra gli ambiti individuati è stata inserita la costituzione di *Iperbole 2020 Cloud & Crowd*, cioè la riprogettazione della Rete Civica Iperbole<sup>76</sup>.

L'Agenda Digitale (presentata in Europa nel Maggio 2010), che ha definito con precisione gli obiettivi per sviluppare l'economia e la cultura digitale in Europa nell'ambito della strategia Europa 2020, e che costituisce una delle sette iniziative faro della strategia, ha avviato il cantiere della nuova Rete Civica Iperbole.

L'obiettivo dell'Amministrazione nella riprogettazione di Iperbole, era di creare uno strumento aperto di comunicazione e informazione, uno spazio votato alla fornitura di servizi digitali, un racconto continuo sulla società, una piattaforma che aggregasse e intercettasse i bisogni di molteplici comunità d'interessi, armonizzando e rappresentando il dialogo con la città.

Nel periodo 2011-2012, l'Amministrazione Comunale ha avviato un percorso di riconfigurazione della propria presenza online.

La Pubblica Amministrazione si è attestata su una politica di investimenti infrastrutturali, focalizzati sulla riduzione del *digital divide* e la realizzazione di una rete a banda larga che collegasse edifici pubblici e scuole. Contestualmente si è deciso di mantenere attivo il portale istituzionale e di aprire nuovi canali di comunicazione, appositamente dedicati a progetti ed eventi (tra cui l'Agenda Digitale Iperbole 2020).

La Rete Civica Iperbole 2020 è ad oggi un'unica piattaforma online riconducibile al dominio principale del Comune di Bologna con un'*infrastruttura cloud*. La piattaforma, tramite la quale si può anche accedere a tutti gli Open Data comunali, è contestualmente l'area dei servizi digitali offerti ai cittadini, l'area dedicata alla comunicazione istituzionale e quella dedicata ai contenuti generati dagli utenti.

Un report del comune in merito (Comune di Bologna, 2013a, p.6) sottolinea come siano soprattutto i cittadini residenti ad avere dimostrato una forte sensibilità nei confronti del web e di tali tecnologie, andando a comporre una domanda di servizi, presentate nel portale del Comune, e di prodotti in costante crescita e mutamento.

Di seguito riportiamo alcuni dei servizi dematerializzati offerti ai cittadini dal comune di Bologna.

---

<sup>76</sup>Nata nel 1995, fra le prime reti civiche promosse da una pubblica amministrazione in Europa, e prima in Italia fra quelle promosse da amministrazioni comunali, Iperbole fu inizialmente incentrata sulla connessione gratuita a Internet per i cittadini ed in seguito venne sviluppata sui servizi pubblici per i cittadini.

### ***Esempio di Smart Governance App***

La comunità bolognese si distingue, a livello italiano, per il suo interesse al “collaborative mapping e alle politiche attive per il bene comune”.

Bologna infatti emerge, per la più alta concentrazione di dati mappati dai cittadini, tramite dispositivi digitali, su Open Street Map, superando la capitale con 1.579.000 contributi<sup>77</sup>.

Facendo fede su tale sostegno da parte dei cittadini, il Comune di Bologna nel 2013 ha invitato i cittadini a collaborare alla mappatura dei beni abbandonati del comune (Progetto Impossible living) per poi restituire ai cittadini, inserendola tra gli Open Data comunali, una mappa dettagliata degli immobili di proprietà comunale, in cui sono distinguibili gli immobili inutilizzati da valorizzare, sui quali il Comune ha già un progetto in attesa di finanziamento, i locali commerciali come negozi e magazzini che aspettano di essere affittati e acquistati per avviare attività di impresa e poi i beni immobili inutilizzati. Attraverso un’applicazione open data il Comune ha aperto una consultazione on line per la destinazione d’uso delle proprietà comunali non utilizzate, coinvolgendo i cittadini a proporre idee e progetti, allo scopo di restituire questi spazi pubblici all’uso della collettività pensando a funzioni che rispondano a soddisfare un reale bisogno dei futuri utilizzatori, i cittadini appunto<sup>78</sup>.

### ***Esempio di Smart People App***

L’iniziativa BazzAPP mira a creare nuove modalità di relazione tra il cittadino, la città e le sue infrastrutture pubbliche e private, attraverso un sistema basato su due elementi:

- le BazzAPP, apps mobile temporanee che rappresentano le “basse”, quelle occasioni imperdibili che imprese, enti e associazioni mettono a disposizione degli utenti;
- BazaaR, una piattaforma che si occupa di veicolare le BazzAPP agli utenti al momento e nel luogo giusto anche tramite Realtà Aumentata.

Il servizio, offerto dal comune di Bologna, tramite notifica sul cellulare e in base alla posizione in città e al profilo dell’utente registrato, lo avvisa sulle apps disponibili in ogni specifico momento della giornata in base ai propri spostamenti e alle proprie esigenze<sup>79</sup>.

Lo sviluppo di questo servizio da parte del Comune, sottolinea come la politica digitale sia uno degli assi principali dello sviluppo smart della città di Bologna.

### ***Esempio di Smart Mobility App***

---

<sup>77</sup><http://www.corrierecomunicazioni.it/> 3 Aprile 2015

<sup>78</sup><http://www.labsus.org/>

<sup>79</sup><http://iperbole2020.comune.bologna.it/>

La società che gestisce il trasporto passeggeri dell'Emilia Romagna (TPER), ha scelto di non sviluppare proprie applicazioni per dispositivi mobili, ma di rendere disponibili i dati sul servizio Open Data permettendo a terzi di sviluppare software e applicazioni.

Questa scelta ha già visto nascere diverse apps. Tra le più interessanti "MiMuovoSmartCity"<sup>80</sup>. Realizzata dal Comune di Bologna, dalla Regione Emilia-Romagna, e da Engineering Ingegneria Informatica, all'interno di un progetto finanziato dalla Commissione Europea, ha l'obiettivo di aggregare all'interno di unica piattaforma web diversi servizi di infomobilità della città, permettendo al cittadino di trovare in un unico portale, compatibile anche con smartphone, le informazioni utili per muoversi.

I layers informativi visualizzabili su Google map sono i seguenti:

- fermate degli autobus, di Bologna e provincia, riportando per ognuna in tempo reale l'orario di arrivo, attraverso un tracciamento GPS degli stessi. Viene inoltre indicato l'esercizio pubblico più vicino alla fermata dove poter acquistare i biglietti;
- attraverso il sistema di monitoraggio del traffico veicolare Cisium si visualizza lo stato del traffico (aggiornato ogni 5 minuti) delle principali vie di Bologna. Differenti colori indicano il livello di congestione delle strade;
- si visualizzano i principali parcheggi pubblici con l'indicazione, in tempo reale, dei posti liberi, ed informazioni riguardanti le tariffe e i servizi disponibili. Sono inoltre indicate le posizioni dei parchimetri;
- il portale segnala i principali problemi alla circolazione cittadina come cantieri per lavori in corso, restringimenti di carreggiata e congestioni di traffico;
- sulla mappa viene visualizzata la rete di piste ciclabili indicando la tipologia dei vari percorsi (es. pedonale ciclabile, promiscuo veicolare etc.), le rastrelliere ed i noleggi;
- vengono mostrate le posizioni delle telecamere per il controllo degli accessi (ZTL, centro storico, corsie preferenziali, ecc..).
- vengono date informazioni sul livello di accessibilità dei luoghi pubblici (es. locali, uffici, ecc.). Le informazioni sono fornite dai cittadini in collaborazione con il portale "Liberi di Muoversi" (comune di Bologna, 2013b);
- nel portale è possibile ricercare i giorni e gli orari di pulizia notturna delle strade del centro storico di Bologna. Il Servizio è fornito da "Gruppo Hera".

---

<sup>80</sup><http://www.tper.it/>.

Lo sviluppo e il successo di questa App è l’emblema di quanto i cittadini individuano nel fattore tempo un elemento chiave per la valutazione della qualità e l’efficienza dei servizi, una necessità accompagnata da una crescente richiesta di mobilità efficiente e di semplificazione.

E’ interessante notare anche come il sistema coniughi al suo interno i contributi di vari attori (cittadini, comune, società private) allo scopo di fornire un servizio il più completo possibile. L’interoperabilità dei dati utilizzati nel servizio offerto dalla App e la possibilità di un aggiornamento continuo che in tempo reale può raggiungere il cittadino sono altri vantaggi dell’utilizzo di tali strumenti. E’ da sottolineare anche il beneficio ambientale che la migliore gestione del traffico cittadino dà alla città.

### ***Esempio di Smart Living App***

L’inclusione sociale dei disabili, è da sempre un indicatore della vivibilità di una città. Una delle grandi conquiste dell’era digitale e del suo essere “orizzontale” è quella di agevolare il superamento di alcune barriere che le persone disabili hanno nell’utilizzo delle infrastrutture urbane.

In linea con tale principio, ed in collaborazione con il Comune, la Uildm (Unione italiana lotta alla distrofia muscolare) ha sviluppato Accessibol, la app grazie alla quale è possibile trovare i locali di intrattenimento bolognesi accessibili ai disabili in carrozzina.

Attraverso una mappa interattiva, la App fornisce indicazioni georeferenziate sulle barriere architettoniche dei locali<sup>81</sup> (ad esempio la presenza o meno di gradini all’entrata, di parcheggi idonei alle persone con disabilità e la loro distanza rispetto alla posizione in cui ci si trova).

La piattaforma può essere implementata attraverso la segnalazione degli stessi utenti, mettendo in atto quel processo collaborativo alla fruizione di un servizio che è uno degli aspetti dei nuovi servizi dematerializzati in chiave smart.

## **7.3 Le nuove frontiere della condivisione urbana: dalla sharing mobility alla condivisione dei servizi energetici.**

Alcuni progetti sperimentali di città europee e non, si basano sulle nuove possibilità derivate dall’utilizzo dell’ICT per ottimizzare funzioni urbane e servizi urbani (come energia e mobilità).

La tecnologia dell’Internet delle cose (IoT) e delle Apps sono i drivers di questa innovazione.

---

<sup>81</sup> La Repubblica (2013). Disabili, ecco Accessibol: la app che trova locali senza barriere, <http://www.bologna.repubblica.it>

La nuova frontiera dell'Internet delle cose riguarda miliardi di dispositivi connessi alle reti wireless. L'IoT ultimamente è un tema caldo nel settore dell'industria, anche se è un concetto relativamente nuovo. Nei primi anni 2000, infatti, Kevin Ashton del MIT gettava le basi per quello che sarebbe diventato l'Internet delle cose (IoT). Il concetto era davvero semplice e potente. Se tutti gli oggetti della vita quotidiana sono stati dotati d'identificatori e connettività wireless, questi oggetti potrebbero essere comunicanti tra loro e gestiti da computer.

La maggior parte delle applicazioni di IoT sono oggi dedicate a servizi relativi alla comunità urbana, strutture e gestione delle infrastrutture (Fig. 26). La mobilità, ad esempio, può utilizzare un "ambiente collegato", sfruttando, per esempio, i sensori di bordo o il potenziale di rilevamento di dati del telefono cellulare.

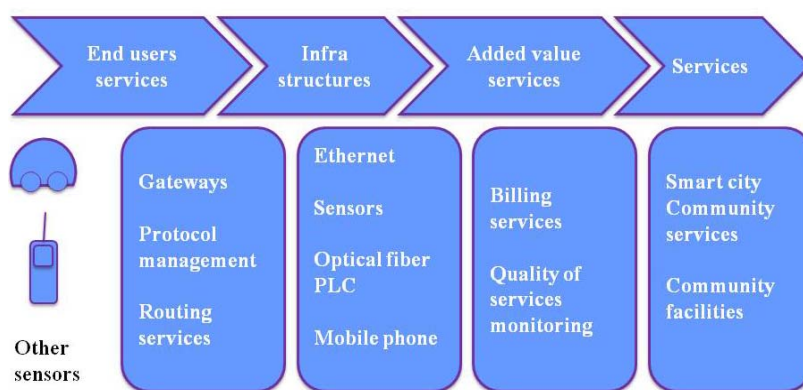


Figura 26. Internet delle cose nella smart city.

I veicoli moderni sono, infatti, integrati con vari sensori di monitoraggio di diversi componenti nonché del comportamento del conducente. I veicoli saranno collegati tramite reti wireless, così come, molti dei loro dati di prestazioni, dei dati di localizzazione e delle informazioni del comportamento dell'utente, saranno aperti per i mercati auto motive e per i produttori di Original Equipment, OEM. Questi dati forniscono una ricca fonte d'informazioni sui veicoli e la guida dei conducenti, e se combinati con i dati di contesto urbano, per esempio la posizione del veicolo, possono dare molte nuove possibilità di mercato e di gestione anche a terzi, come il mercato dei consumatori, il settore assicurativo, etc.

Kargupta<sup>82</sup> ha detto: «Come molte altri settori, i processi tecnici e di business nel settore automobilistico e dei trasporti tradizionalmente vengono analizzati, compresi e modellati sulla base di una limitata quantità dati empirici e contestuali. La disponibilità di una massiccia quantità di dati sta mettendo le conoscenze attuali sotto una nuova luce, ponendo nuove domande, e creando nuove possibilità che non

<sup>82</sup>Karagupta H., è un accademico e imprenditore, del settore della mobilità e dell'IoT; è creatore di una piattaforma d'analisi del traffico urbano che utilizza i veicoli connessi. Intervista in <http://www.telematicswire.net>

erano prima possibili. I “Big Data” stanno cambiando il modo di realizzare i veicoli, il loro funzionamento, il modo di utilizzo e il modo in cui gli stessi interagiscono con tutto il resto e con il contesto. Dalla produzione del veicolo alla gestione della garanzia, alla sottoscrizione di un’assicurazione, fino alla modellazione del traffico e all’ottimizzazione dei percorsi, i Big Data stanno cambiando il mondo del settore automobilistico/trasporti e altro ancora. In generale, l’analisi per le auto connesse possono essere classificate in due gruppi »

Attraverso reti di sensori, la comunicazione wireless e il potenziale dei dati di analisi per la gestione dei “Big Data”, la mobilità e il trasporto urbano, sono in questo modo reinventate e rese più funzionali ed intelligenti. Tra gli IoT in ambito urbano, rientrano anche i telefoni intelligenti, considerati come stazioni di monitoraggio mobili, in grado di registrare dati su un dato processo da studiare e sull’ambiente, e in grado di trasmetterli attraverso la tecnologia GSM.

L’App Mobiliti360 negli Stati Uniti, è un esempio di come Big Data e connettività possono offrire nuovi servizi e un nuovo mercato ai fornitori di servizi. Il sito web, [www.mobilit360.com](http://www.mobilit360.com) comprende tanti servizi per gli utenti, ma anche un’architettura API<sup>83</sup> aperta che permette a chiunque di costruire una nuova App sfruttando la piattaforma e gli sviluppatori già esistenti.

Principalmente, Mobiliti360 permette di:

- accedere ai viaggi/percorsi: tiene automaticamente traccia di tutti gli spostamenti dopo l’installazione;
- tenere d’occhio le corse degli autobus per la scuola dei bambini;
- controllare dove si trovano i membri della famiglia;
- controllare dove stiamo andando: Mobiliti360 mostra anche i luoghi popolari della città e quelli più frequentati;
- assicurazione: il programma Mobiliti360 in sicurezza fa della guida sicura una pratica gratificante. Tramite un punteggio accumulato dal guidatore si hanno sconti su alcune assicurazioni convenzionate con la App.

La mobilità privata rappresenta uno dei settori dove gli sprechi e le inefficienze non sono più sostenibili: il 70% degli spostamenti in città si fanno con un’automobile privata; le automobili giacciono non utilizzate nei parcheggi per più del 70% della loro vita utile; quando le adoperiamo ne utilizziamo, in media, non più del 30% dello spazio disponibile, molto spesso infatti un’automobile contiene solo il conducente (*Smart city Exhibition, 2014*<sup>84</sup>).

---

<sup>83</sup>Interfaccia di programmazione di applicazioni. Indica un insieme di procedure disponibili al programmatore, che nel caso specifico è un qualsiasi utilizzatore della Mobiliti360. Solitamente le procedure sono raggruppate a formare un set di strumenti specifici per la realizzazione di un compito specifico all’interno di un determinato programma. Spesso questo termine si riferisce alle librerie software disponibili in un certo linguaggio di programmazione.

<sup>84</sup><http://www.smartcityexhibition.it>

Nel mese di luglio 2015, la società Index Ventures (Santelli, 2014) ha deciso di investire 100 milioni di dollari in BlaBlaCar<sup>85</sup> la community della condivisione dell'auto con oltre 8 milioni di iscritti in 12 paesi (Italia inclusa).

L'anno scorso Zipcar - il servizio di car sharing nato negli Usa e attivo da poco in Canada e in Europa - è stato acquistato da un colosso dell'autonoleggio, la AVIS, per 500 milioni di dollari.

Condividere un tragitto attraverso la sharing mobility è oggi una possibilità concreta offerta ai cittadini della *smart city* da piattaforme web collegate. A Napoli il servizio offerto da Bee<sup>86</sup>, consente, per esempio, di prendere un veicolo in un punto della città che ti è utile e lasciarlo in un altro punto.

Il servizio offerto da Bee non richiede di viaggiare con altre persone e le vetture messe a disposizione dalla società sono ad emissioni zero, cioè veicoli elettrici. Per utilizzare il servizio, è necessario iscriversi alla piattaforma di Bee, che permette di entrare nelle zone a traffico limitato della città di Napoli e di parcheggiare ovunque gratuitamente. La vettura può essere prenotata in un punto Bee o direttamente nelle aree di parcheggio. Il pagamento viene contabilizzato in base al tempo di accensione dell'autovettura. Ciò significa che viene pagato solo l'utilizzo effettivo della vettura. In più il servizio è economico, considerando che il costo annuale dell'abbonamento è si aggira intorno € 30,00.

Shar'ngo<sup>87</sup> invece è una piattaforma nazionale per lo sviluppo della mobilità elettrica e condivisa, presente nelle più grandi città italiane. Ideata e gestita da Car Group, offre servizi di "car sharing free floating" a tariffe variabili secondo il profilo dell'utente. Le tariffe differenziate sono una caratteristica particolare di Shar'ngo e sono create in base allo stile di vita dell'utente, cioè al suo bisogno di mobilità su ruota.

Le auto scelte da Share'ngo sono microcar al 100% elettriche e ad alte prestazioni, con oltre 100 km di autonomia.

Nel campo delle bikesharing un buon servizio in Italia è offerto da Bikemi<sup>88</sup> a Milano. Attivo 365 giorni l'anno, il servizio è operativo dalle 7 alle 24. Essendo un sistema di trasporto pubblico in condivisione, deve essere utilizzato da più persone possibili. Per questa ragione, i primi 30 minuti di ogni utilizzo per le bici sono gratuiti, mentre i minuti successivi si pagano in base alle tariffe previste. La città di Milano ha in programma di implementare il servizio con bici a pedalata assistita (1000 nei prossimi 2 anni). Si tratta del primo esempio al mondo di un sistema di bikesharing integrato fra mezzi tradizionali ed elettrici, unico per grandezza, complessità e innovazione.

Io guido, è invece una piattaforma che permette, con lo stesso abbonamento, di prendere le auto del servizio presenti in molte città Italiane. Presente anche in

---

<sup>85</sup><https://www.blablacar.it>

<sup>86</sup><http://www.bee.it/it/index.html>

<sup>87</sup><http://www.sharen'go.com>

<sup>88</sup><http://www.bikemi.com>



Sicilia il servizio permette, con lo stesso abbonamento di usufruire di veicoli (elettrici e non) e biciclette.

Tutti i servizi sopra citati, fanno della condivisione, e della connessione tra oggetti, lo strumento per portare avanti azioni di mobilità più sostenibile e che assecondino i bisogni dei cittadini e della città.

La *sharing mobility* è uno dei segmenti più in crescita in termini di utenti e fatturato della *sharing economy* un paradigma dirompente, incentivato dall'esplosione delle tecnologie digitali, in cui l'accesso prende il sopravvento sul possesso (Rifkin, 2001). Un recente studio (Freese e Schönberg, 2014) ha indicato per i quattro servizi più diffusi (Car sharing, Ride sharing, Bike sharing e Shared parking) tassi di crescita annui dal 20% al 35% e previsioni di fatturato tra i 2 e i 6 miliardi di dollari per il 2020.

Tutti i servizi della *sharing mobility* si basano sui seguenti principi:

- applicazione che offra soluzioni funzionali: software per smartphone che consentano all'utente di concludere il contratto di noleggio o di utilizzo in qualsiasi momento;
- aspetto Social: condivisione delle informazioni tra gli utenti attraverso canali di valutazione che consentono di ottenere feedback positivi o negativi e che costituiscono una sorta di assicurazione sull'affidabilità del servizio offerto;
- bisogni e offerte di servizi facilmente frazionabili: azione dei fornitori e utenti secondo le logiche di mercato e del proprio interesse allo scopo di eliminare inefficienze e sprechi.

Anche nel campo della *smart energy* si registrano già da qualche anno sensibili cambiamenti, che hanno spesso, come filo conduttore comune, la dimensione della condivisione per raggiungere, ad esempio, un obiettivo di risparmio.

Un esempio di questo tipo di approccio è quello del Progetto Europeo ADDRESS<sup>89</sup> (Fig. 27) concentrato sulla domanda attiva nelle reti elettriche del futuro, con l'obiettivo di renderle sempre più accessibili, flessibili e affidabili oltre che economiche per i consumatori, mettendo loro a disposizione la possibilità di cambiare fornitore, ottenere incentivi e partecipare a promozioni, facendoli diventare parte attiva di un sistema.

Nel'area in alto si collocano le abitazioni dei consumatori (*prosumer*), dove gli apparecchi elettronici (carichi veri e propri come frigo, lavatrice etc.), i sistemi di generazione distribuita e i sistemi di immagazzinamento di energia, possono essere controllati e ottimizzati dall'*Energy Box*, una vera e propria interfaccia tra

---

<sup>89</sup><https://enel Distribuzione.enel.it/it-IT/address>

l'impianto elettrico domestico e l'infrastruttura esterna (in particolare l'energy box interagisce con l'aggregatore). Esso sarà in grado di ricevere le richieste dall'aggregatore e in funzione di essi, regolare l'utilizzo degli elettrodomestici e dei sistemi di generazione.

I carichi domestici, infatti, possono essere classificati in tre categorie, alle quali corrispondono diverse strategie di controllo:

- carichi differibili, quali lavatrici e asciugatrici;
- carichi interrompibili quali congelatori e scaldabagni;
- carichi termici quali aria condizionata e riscaldamento elettrico (riquadro in verde.

Tuttavia, le potenze dei singoli consumatori sono limitate, quindi lo è anche la quantità di energia elettrica che può essere gestita con flessibilità da un singolo consumatore. Alla luce di ciò, non sarebbe utile, né interessante per l'efficienza del sistema elettrico, se non fosse possibile "aggregarla" a quelle di un gran numero di consumatori, al fine di raggiungere un volume significativo.

A tal fine, è necessario un *servizio di aggregazione*, che assicuri l'azione coordinata di tanti piccoli consumatori.

Il progetto si rivolgeva a consumatori domestici connessi alla rete BT con un massimo di 100 kW di potenza installata che poteva essere resa flessibile in relazione al tempo di utilizzo ed alla quantità di potenza impegnata.

Lo sviluppo recente delle tecnologie ICT, in particolare di tipo wireless, ha aperto la strada verso l'*aggregazione di carico*.

Questo nuovo modo di consumare prevede la possibilità di affidare a terzi (l'aggregatore appunto) i loro profili di consumo.

La sezione *Market and Contracts*, riguarda il punto di contatto tra l'aggregatore (che rappresenta i consumatori) e il mercato. L'aggregatore infatti raccoglie le richieste dal mercato, acquista energia all'ingrosso e lo vende ai consumatori a prezzi competitivi, cercando di soddisfare le richieste di consumo, sfruttando e aggregando il consumo e la produzione di energia dei propri clienti<sup>90</sup>.

L'aggregatore interagisce con diversi partecipanti al sistema energetico.

Si individuano: *DSO* (gestore del sistema di distribuzione) e *TSO* (generatore del sistema di trasmissione); i produttori di energia da FER e gli intermediari tra cui si inseriscono i rivenditori (*Retailer*); venditori di energia elettrica (*Trader*) e i fornitori di servizi di bilanciamento (*BRP*).

Esponendo una certa flessibilità nei consumi, ciascun consumatore partecipa quindi alla copertura degli acquisti dello stesso aggregatore sul mercato dell'energia. La rivoluzione in atto, consente oltre che un contenimento dei costi per i consumatori finali, anche una riduzione delle emissioni grazie dimensionamento più adeguato delle infrastrutture, dalla generazione al trasporto, e la distribuzione dell'energia elettrica.

---

<sup>90</sup><http://www.addressfp7.org/index.html>

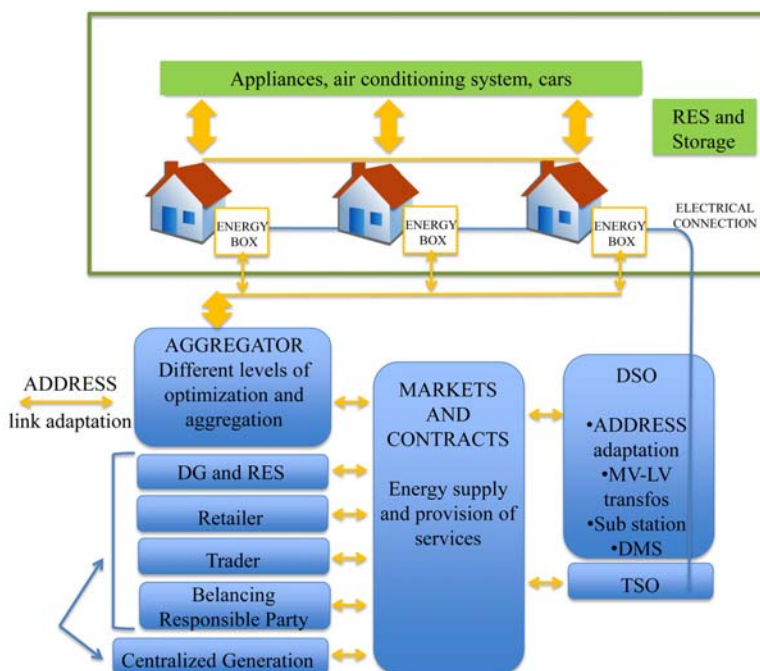


Figura 27. Architettura del Progetto ADDRESS

In presenza di un picco di carico, piuttosto che sovradimensionare le infrastrutture e la capacità di produzione, portando le unità di generazione a lavorare in regimi di bassa efficienza, si provvede alla riduzione e spostamento nel tempo dei consumi.

La diffusione delle fonti di generazione di tipo rinnovabile e non programmabile, rende il ruolo dell'aggregatore ancora più significativo per compensare, attraverso la flessibilità del carico, anche i picchi di generazione.

In Europa, l'interesse verso l'aggregazione di carico è crescente, ma già in alcuni paesi è una realtà: AV Reserveffekt AB in Svezia e Votalis<sup>91</sup> in Francia.

Anche negli Stati Uniti, l'aggregazione del carico e la partecipazione dei consumatori di energia elettrica per limitare la costruzione di nuove infrastrutture è una realtà consolidata. Già da diversi anni, la pianificazione energetica qui passa attraverso la previsione di una partecipazione del carico e anche che riguardano i così detti servizi ausiliari, ossia servizi a supporto di azioni di regolazione dei carichi che mantengano la qualità dell'energia elettrica erogata entro standard elevati.

Esempi di condivisione nell'ambito dei servizi energetici sono i gruppi di acquisto dell'energia, già attivi in vari contesti europei e che, in Italia, vedono il

<sup>91</sup><http://www.votalis.com>

loro avvio nel 2013. Con la liberalizzazione del mercato dell'energia, infatti, si è aperta la possibilità di creare gruppi di acquisto in grado di indire aste rivolte ai fornitori di energia (elettricità o gas ad uso domestico) presenti sul mercato e di stipulare quindi un contratto di fornitura con chi offre il miglior servizio in base alle esigenze degli aderenti. Lo scopo è quello di unirsi per negoziare il miglior prezzo, in quanto il raggruppamento consente una capacità contrattuale che non è raggiungibile dalla singola impresa/famiglia, con sconti rilevanti e garanzia della qualità dell'offerta.

La stima dell'associazione Altroconsumo (tra le più grandi associazioni presenti in Italia) è quella di avere un risparmio di circa 210 euro l'anno a famiglia.

Da quanto detto si evince che l'ottimizzazione delle funzioni urbane, in un'ottica *smart city*, può essere sviluppata grazie alla collaborazione di un'infrastruttura digitale trasversale e una partecipazione attiva dei cittadini.

In linea con quanto esposto in (Fistola, 2013) i fattori cardine di tale processo possono essere individuati attraverso la presenza di:

- un sistema fisico (presenza di un'infrastruttura telematica; possibilità di realizzare smart grid; presenza di una rete di sensori sul territorio urbano);
- un sistema funzionale (attivazione di politiche di e-governance; disponibilità di open data; possibilità di accedere ad una rete free internet);
- un sistema socio-antropico (sviluppo del capitale sociale; abbattimento del digital divide; diffusione del crowdsourcing).

La presenza di tutti questi fattori, permette di porre in atto azioni di politica smart non solo energetica, che siano alternative e sussidiarie alle tradizionali azioni pianificatorie che riguardino le infrastrutture fisiche (e.g realizzazione di nuovi assi stradali per il decongestionamento del traffico) o i regolamenti comunali (e.g. riduzione del traffico attraverso la realizzazione di zone a traffico limitato e implementazione mezzi pubblici).

## **Parte III- Strumenti per le infrastrutture immateriali nella pianificazione intelligente**



## Capitolo 8 - Il regolamento edilizio come infrastruttura immateriale di pianificazione intelligente

**Sommario-** Il settore dell'edilizia è ancora oggi in Europa uno dei settori più energivori. Azioni volte alla pianificazione e gestione più efficiente in tale ambito sono ormai da vari anni dichiarate indispensabili dalla Comunità Europea che, attraverso varie Direttive, mostra agli Stati Membri la strada da perseguire per una pianificazione e gestione sostenibile del territorio. Per perseguire un reale cambiamento nell'ambito delle costruzioni è necessario, però, volgere lo sguardo ad un livello regolamentare prettamente locale che, attraverso strumenti operativi legati al territorio, si adatti alla corsa verso la progettazione sostenibile. E' necessario, quindi, guardare con spinte diverse agli strumenti di pianificazione presenti e sottoporli ad una revisione che fornisca agli operatori del settore una guida concreta del costruire sostenibile. Il capitolo mostra il ruolo e la struttura tipo del Regolamento Edilizio sostenibile, che sembra essere lo strumento operativo più idoneo per mettere in atto un cambiamento "dal basso" in tale senso. Il lavoro ha inoltre lo scopo di mostrare un caso concreto di definizione di Linee Guida per la revisione dei Regolamenti Edilizi comunali in chiave sostenibile.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Vaccaro, V. (2014). The urban and environmental building code as implementation tool. In *Smart Rules for Smart Cities*. Springer International Publishing, pp. 59-85.
- Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Scaccianoce G.& Vaccaro V. (2014). Municipal Building Regulations for Energy Efficiency in Southern Italy. *International Conference on Computational Science and Its Applications*. Springer International Publishing, pp. 420-436.
- Riva Sanseverino E., Scaccianoce, G., Vaccaro, V., Carta, M., & Riva Sanseverino R. (2015). Smart Cities and Municipal Building Regulation for Energy Efficiency. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IAEIS)*, 6(4), pp.56-82.

### 8.1 Introduzione

E' ben noto come gli orientamenti politici dell'UE affrontino con forza il problema della sostenibilità nelle città, degli edifici e delle infrastrutture. L'iniziativa europea "Smart Cities & Communities" dello Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) supporta le città e le regioni nel portare avanti misure ambiziose per giungere entro il 2020 ad una sostanziale riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

A scala locale, gli impegni a livello europeo, rappresentati sinteticamente dal modello "20-20-20" e declinati a livello nazionale per le varie Regioni (Decreto "Burden Sharing", Ministero dello Sviluppo Economico, 2012), hanno attribuito alle stesse, in coerenza con gli obiettivi definiti dal PAN<sup>92</sup> (Piano d'Azione

---

<sup>92</sup>Il Piano di Azione Nazionale, previsto dalla Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, è il documento programmatico che fornisce indicazioni dettagliate sulle azioni da porre in atto per il raggiungimento,

Nazionale), obiettivi intermedi e finali in materia di copertura dei consumi di energia da fonti rinnovabili rispetto al consumo finale lordo di energia termica, elettrica e dei trasporti (per la Sicilia il 15,9% al 2020).

A riguardo, l'art. 4 dello stesso Decreto indica, in via orientativa, gli strumenti principali che consentono alle regioni di perseguire prioritariamente il contenimento di tali consumi.

In termini generali, le regioni possono:

- Sviluppare modelli di intervento per l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili su scala distrettuale e territoriale;
- Integrare la programmazione in materia di fonti rinnovabili e di efficienza energetica con la programmazione di altri settori.

Secondo quanto specificato dallo stesso Decreto le regioni, al fine di assicurare il raggiungimento di tali obiettivi, sono portate ad «integrare i propri strumenti per il governo del territorio e per il sostegno all'innovazione nei settori produttivi, con specifiche disposizioni a favore dell'efficienza energetica e dell'uso delle fonti rinnovabili» (Decreto “Burden Sharing”, Ministero dello Sviluppo Economico, 2012).

A tal riguardo è sempre più marcato il contributo che, nel raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità regionale e nell'attuazione dei provvedimenti volti alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, possono avere le Amministrazioni Comunali, soprattutto per il settore dell'edilizia residenziale, regolamentato e controllato a tale livello.

Analizzando i PAES (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile) fino ad oggi approvati dal JRC<sup>93</sup> per l'Italia, è evidente come circa il 50% delle Amministrazioni Comunali abbia inserito tra le azioni da perseguire la modifica del proprio Regolamento Edilizio (RE) in chiave sostenibile.

Il RE, infatti, se definito anche a livello energetico, può agire sul sistema edificio-impianto tramite azioni volte, da un lato, alla diminuzione dei consumi finali lordi, e dall'altro ad aumentare la copertura dei fabbisogni energetici tramite impianti di produzione da FER (Fonte d'Energia Rinnovabile), configurandosi come un documento che raccoglie le attuali prescrizioni normative nell'ambito dell'efficienza energetica e degli obblighi di utilizzo d'impianti FER in edilizia, molto spesso ignorati, ed introducendo eventuali premialità per chi rientra ampiamente sotto soglia di legge.

Indirizzi regionali in tal ambito, attraverso la formulazione di “*Linee Guida per l'aggiornamento dei regolamenti edilizi comunali in chiave sostenibile*” potrebbero

---

entro il 2020, dell'obiettivo vincolante per l'Italia di coprire con energia prodotta da fonti rinnovabili il 17% dei consumi lordi nazionali. L'obiettivo deve essere raggiunto mediante l'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili nei settori: Elettricità, Riscaldamento – Raffreddamento e Trasporti, (in <http://approfondimenti.gse.it>).

<sup>93</sup>Il Joint Research Centre è all'interno del Progetto patto dei Sindaci l'istituto europeo di validazione dei PAES che vengono elaborati e presentati dai comuni.



quindi, fornire ai Comuni le principali indicazioni del “costruire sostenibile”, anche in vista dei contenuti della Direttiva 2010/31/UE o “EPBD Recast” (Parlamento Europeo, 2010) che fissa per gli edifici pubblici di nuova costruzione l’obbligo di costruire, a partire dal 31 dicembre 2018 *edifici ad energia quasi zero*<sup>94</sup>, obbligo che viene esteso dal 2021 agli edifici privati, introducendo anche un chiaro riferimento in termini di *prestazione energetica degli edifici*.

Appartenente al “Pacchetto Clima-Energia 20-20-20”, è anche la Direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica (Parlamento Europeo, 2012), che fa esplicito riferimento all’automazione come strumento per ottenere un risparmio energetico negli edifici attraverso la realizzazione di politiche di “Demand Response” (DR) e l’applicazione a larga scala di contatori intelligenti (Ippolito, Riva Sanseverino e Zizzo, 2014).

Quindi, secondo le Direttive europee, le azioni principali per ottenere una riduzione dei consumi in ambito edilizio possono essere identificati come segue:

- Alta efficienza del sistema involucro-impianto;
- Integrazione di sistemi di produzione da fonti energetiche rinnovabili;
- sistemi di *Building Control Automation* (BAC<sup>95</sup>) e di gestione intelligente<sup>96</sup> per ottenere un uso razionale dell’energia.

Nell’ambito di una pianificazione intelligente abbiamo già accennato a come gli edifici svolgano un ruolo cruciale in quanto nodi di una rete infrastrutturale.

In tale ottica, la città non è una semplice somma di elementi singoli e non comunicanti, ma un organismo composto da sottosistemi (Dirks e Keeling, 2009), come le infrastrutture (energia, acqua, trasporti, rifiuti, comunicazione), gli edifici (che sono collegati, perché sono espressione di funzioni urbane complesse), le persone e le imprese.

In (Mattoni, Gugliermetti e Bisegna, 2015) viene scritto: «Gli esseri umani e gli elementi urbani e territoriali sono i nodi delle reti: essi sono sensori, processori e comunicatori di informazioni e dati. Se ciascun nodo esegue più di una funzione, le

---

<sup>94</sup>Edificio che ha una prestazione energetica molto alta e in cui l’energia richiesta, che deve essere molto limitata, dovrebbe essere coperta in misura significativa da energia da fonti rinnovabili.

<sup>95</sup>Una recente analisi della Schneider Electric, ha, infatti evidenziato che se da un lato in Italia, ad esempio per l’energia elettrica, 1 kWh risparmiato al consumo, equivale a ben 3 kWh risparmiati alla produzione, dall’altro è ovvio come ad esempio una lampada a basso consumo lasciata accesa in un ambiente non utilizzato, consenta solo un minor consumo di energia rispetto al caso di utilizzo di una lampada tradizionale, lasciando quindi un ampio margine a tale miglioramento. Un reale risparmio di energia invece è presente se accensione e spegnimento sono per esempio gestiti attivamente e solo quando serve. Il massimo risultato in termini di efficienza energetica, soprattutto negli edifici, è proprio dato dalla somma di sistemi “intrinsecamente efficienti” quali ad esempio lampade a basso consumo, doppi vetri, generatori di calore ad alta efficienza, isolamento termico, sistemi di protezione solare, etc. e sistemi di automazione che consentono di controllare e gestire l’insieme dei sistemi, apportando un risparmio mag-giorato di circa il 30% rispetto all’utilizzo dei soli sistemi efficienti. In: [http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/EER\\_2012\\_conCopertina.pdf](http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/EER_2012_conCopertina.pdf)

<sup>96</sup>Building Management Systems (TBM)

attività in città sono ottimizzate, in modo da raggiungere risultati e prestazioni maggiori».

Tale tipo di pianificazione tiene conto delle specificità dell'ambiente territoriale in cui la città si trova, e si sviluppa attraverso strategie differenti rispetto ai diversi livelli territoriali (regionali, città, quartiere), in termini di competenza territoriale e di risorse economiche. In questo quadro, gli edifici e il quartiere - come vedremo - hanno un ruolo cruciale.

Se a livello nazionale, tale cambio di paradigma è stato già accolto dagli Stati Membri, in molti paesi europei, si nota una difformità tra direttive europee, politiche nazionali e strumenti attuativi delle stesse a livello regionale e comunale.

In ambito edilizio, leggi nazionali, protocolli e normative locali presentano, infatti, spesso un forte ritardo nella recezione dei contenuti delle direttive emanate.

## **8.2 Panoramica europea sui regolamenti edilizi nazionali e regionali**

In Europa, il patrimonio edilizio esistente è responsabile di oltre il 40% del consumo finale di energia, il 63% del quale si rivolge a edifici residenziali (cioè il 25% del totale degli edifici).

In termini di usi energetici finali, nel 2010, la quota di consumo di energia negli edifici residenziali era pari a circa il 68% per il riscaldamento (essenzialmente a gas naturale), al 17% per gli apparecchi elettrici, aria condizionata e illuminazione, al 9% per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e al 6% per uso cottura (Filogamo et al., 2014; ENEA, 2012).

I dati pubblicati nella relazione annuale sull'efficienza energetica, RAEE 2011 (ENEA, 2012), mostrano la variazione del consumo di energia per abitazione in alcuni Paesi dell'UE (Fig. 28).

In sostanza i consumi di energia elettrica e termica determinano il livello finale di efficienza energetica nel settore residenziale e, come evidenziato dal grafico, in Italia il consumo totale di energia per abitazione è diminuito nel 2010 del 8,3% rispetto al 2000; tale variazione, però, è inferiore rispetto alla media (15,5%) dei paesi UE-27 riportati nel grafico. Ciò conferma come, al 2012, le azioni di efficienza energetica nel settore edilizio non fossero molto diffuse in Italia.

La Commissione Europea ritiene i regolamenti edilizi nazionali e locali un elemento strategico per l'attuazione delle politiche di efficienza energetica. Per promuovere l'efficienza energetica negli edifici e raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico europei, gli Stati Membri hanno adottato approcci diversi nel loro quadro normativo. La maggior parte, infatti, adotta strumenti normativi a livello nazionale, mentre solo alcuni, ad esempio Belgio, Lituania e Italia, adottano regolamenti regionali o locali.

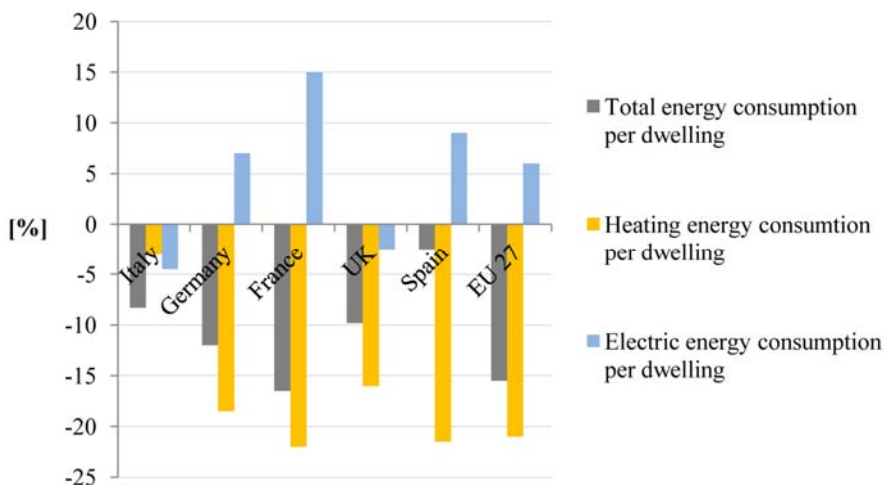


Figura 28. Variazione percentuale del consumo di energia elettrica e termica totale per abitazione tra il 2000 e il 2010 per i principali paesi Europei (ENEA, 2012).

La Fig. 29 mostra come a livello nazionale (pochi sono gli Stati membri europei che adottano un regolamento edilizio<sup>97</sup> regionale o locale) vi sia un largo impiego di sanzioni in caso di inadempienza dei requisiti di prestazione energetica e delle soglie minime per le ristrutturazioni e la realizzazione di nuovi edifici.

Dal grafico si nota come non vi sia un'uniformità di contenuti. Stupisce, anche come, nonostante le prescrizioni delle Direttive, la spinta verso la promozione di edifici ad alta efficienza energetica nei mercati immobiliari e la transizione verso "edifici ad energia quasi zero" siano nelle loro prime fasi di adozione (Annunziata, Frey e Rizzi, 2013). Inoltre la maggior parte dei paesi non fornisce ai progettisti una gerarchia di misure energetiche da seguire per la riqualificazione degli edifici. Ciò è legato alla volontà di preservare la libertà dei progettisti nel fare le scelte progettuali più appropriate.

Uno studio commissionato dall'UE nel 2011 (Vermande e Van der Heijden, 2011) alla RPC Bouwcentrum International (Bodegraven, Paesi Bassi) e al Politecnico di Delft (Delft, Paesi Bassi), riporta, invece, alcune considerazioni sui regolamenti nazionali in ambito di edilizia in Europa.

Lo studio analizza se e come gli Stati membri dell'UE-27 regolano attualmente tale ambito, se e come queste norme sono applicate e se iniziative di mercato pubbliche o iniziative pubblico-privato completano i sistemi di regolamentazione.

<sup>97</sup>Il termine "Regolamento Edilizio" viene utilizzato in modo diverso negli Stati membri. Per alcuni si riferisce alle normative tecniche sulla costruzione o sui prodotti e sistemi edilizi, previsti in molti paesi con il nome di Building Codes. Per altri, ha un significato più ampio e comprende anche le norme di pianificazione locale in ambito edilizio governo, le norme urbanistiche, le normative ambientali, i regolamenti per la sicurezza dei lavoratori, ecc (Vermande e Van der Heijden, 2011). In questo lavoro si fa riferimento a tutte le disposizioni comunali, riferite all'ambito dell'edilizia, che impongono requisiti obbligatori o semi-obbligatori sulla pianificazione, la progettazione, l'esecuzione delle opere, la manutenzione e l'uso degli edifici.

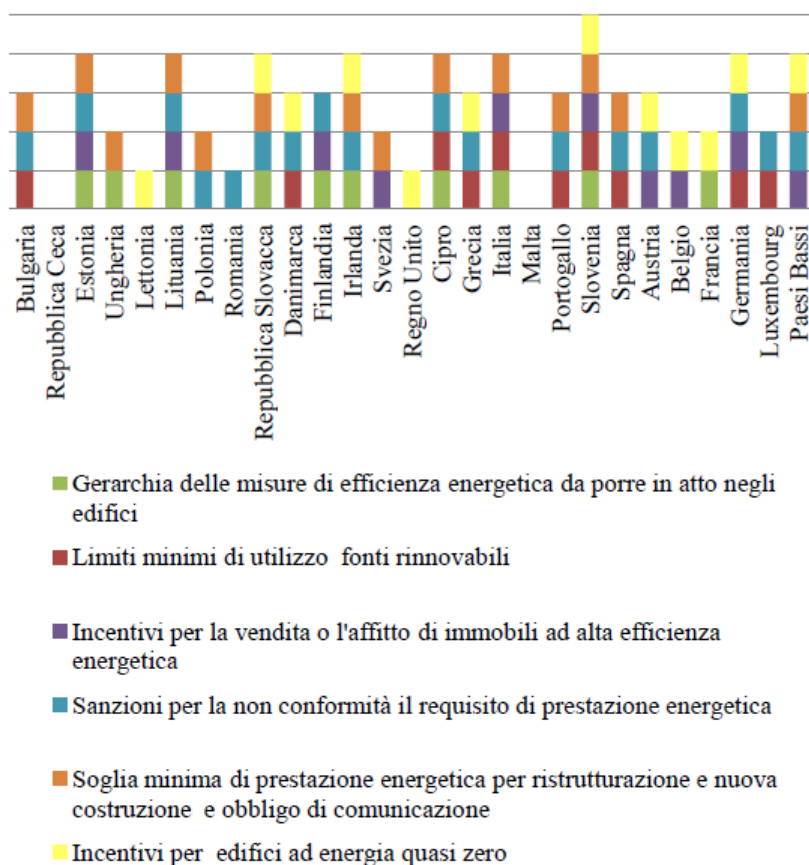


Figura 29. Misure e strumenti politici nei regolamenti edilizi nazionali e locali dei 27 Stati membri dell'Unione europea (Annunziata, Frey e Rizzi, 2013).

I contenuti del lavoro delineano l'estrema diversità delle normative locali.

L'approccio più utilizzato, in Europa, per la regolamentazione degli edifici è quello di introdurre indicazioni relative alle prestazioni generali dell'intero edificio o di parte di esso (**approccio basato sulle prestazioni**).

Raramente, in regolamenti edilizi locali, sono considerate obbligatorie misure legate all'utilizzo di specifici sistemi e tecnologie.

In tale contesto, però, le Amministrazioni sono gravate dal compito di verificare la conformità delle misure di efficienza energetica con i requisiti minimi imposti nei regolamenti edilizi. Quest'ultima è la ragione principale per la quale, alcuni paesi europei, da un approccio basato sulle prestazioni adottano, fin da subito, un approccio misto basato sulle prestazioni e le prescrizioni (**approccio prestazionale/prescrittivo**), in cui sono compresi parametri numerici e quantificabili oltre che un' indicazione gerarchica di misure di efficienza energetica.

Francia, Cipro, Slovenia e alcuni paesi dell'Europa orientale, per esempio, adottano una gerarchia nazionale di misure e prestazioni riferite agli specifici elementi d'involucro e impianto e non al sistema edificio nel suo complesso. Questa metodologia è in grado di guidare i progettisti verso una facile implementazione di edifici ad alta efficienza energetica. Anche l'Italia ha una gerarchia di misure di efficienza energetica a livello regionale e locale.

Tutti gli Stati membri che hanno una gerarchia nazionale di misure di efficienza energetica (ad eccezione di Repubblica Slovacca), danno una priorità all'isolamento di tetti, pareti e finestre.

Cipro, Finlandia, Francia, Irlanda, Lituania e Slovenia assegnano la massima priorità alla produzione di acqua calda sanitaria indicando possibili generatori ad alta efficienza e, ad eccezione di Cipro, di tecnologie rinnovabili (ad esempio pompe di calore geotermiche, riscaldamento solare termico, solare fotovoltaico e turbine eoliche).

D'altra parte, i sistemi per il raffreddamento ottengono l'attenzione più bassa rispetto ad altre misure di efficienza energetica.

Questi risultati sottolineano come, l'efficienza nell'impianto di riscaldamento e d'involucro continuino ad essere gli ambiti più normati.

Limiti relativi alla produzione da fonte rinnovabile, attraverso obiettivi quantitativi posti a livello nazionale, sono presenti principalmente in Europa meridionale, grazie anche al potenziale di utilizzo dell'energia solare.

A livello europeo, un ampio consenso è raggiunto sulle diverse aree tematiche inserite all'interno dei regolamenti edilizi nazionali.

Come indicato in (Vermande e Van der Heijden, 2011), qualità ecologica, qualità economica, qualità sociale e qualità funzionale, sono gli ambiti presenti nella maggior parte dei casi, anche se con un diverso grado di approfondimento. L'ambito di maggior approfondimento è quello della qualità ecologica (intesa come impatto ambientale), con particolare riferimento ai parametri energetici. Molti dei regolamenti edilizi analizzati affrontano l'ambito energetico in linea con il quadro delle Direttive europee. Inoltre, nella maggior parte dei paesi questi regolamenti sono redatti dal governo nazionale e non approfonditi a livello locale. Solo in Belgio e nel Regno Unito questi sono emanati a livello solo regionale, mentre in Germania e in Italia le norme sono redatte a livello nazionale e adottate a livello regionale.

Per ciò che riguarda i parametri, tutti i paesi introducono indicazioni circa le prestazioni minime degli edifici, l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili (ad eccezione di Austria, Danimarca, Malta, Paesi Bassi e Slovacchia) e l'isolamento termico (ad eccezione dell'Ungheria). Ciò, è dovuto al fatto che queste caratteristiche sono chiaramente definite dalle direttive europee e inoltre sono facili da quantificare e controllare da parte delle Amministrazioni locali. Anche l'attenzione verso l'utilizzo di materiali a basso impatto ambientale, quali quelli riciclati, è un aspetto comune.

Gli aspetti affrontati in maniera più eterogenea, che rientrano nelle restanti macro aree, sono essenzialmente quelli per cui non sono presenti delle Direttive a livello comunitario per cui la loro regolamentazione è demandata alla sensibilità degli amministratori locali. Queste riguardano essenzialmente indicazioni volte ad ottimizzare in termini economici ed ambientali il processo costruttivo, come aspetti relativi alla minimizzazione dell'uso delle risorse in cantiere (energia e acqua), alla produzione del minor numero di rifiuti e alla valorizzazione dell'economia locale (rientrano tra le possibili indicazioni in tal senso, incentivi all'utilizzo di elementi prefabbricati, che diminuiscono notevolmente l'uso di acqua ed energia nella realizzazione dei componenti edilizi, o all'uso di materiali locali nelle costruzioni). Sono anche affrontati argomenti come qualità dell'ambiente progettato, comfort termico e acustico, illuminazione e accesso agli spazi verdi.

### **8.3 Struttura dei regolamenti edilizi sostenibili in Italia**

Nonostante l'Italia, come visto, abbia recepito le Direttive Europee in materia di efficienza energetica a livello nazionale, un grande sforzo deve essere fatto a livello locale, affinché le stesse vengano rese applicative.

La trasposizione sul territorio italiano di tale quadro normativo, a livello locale, è caratterizzata da un grande ritardo rispetto alla media europea (ENEA, 2012).

Tale condizione è dovuta alla mancanza, maggiormente presente nei piccoli contesti urbani, di una sensibilità al tema dell'efficienza energetica da parte delle Amministrazioni Comunali, condizione che viene aggravata spesso dalla mancanza di competenze specifiche in tale ambito all'interno dell'organico amministrativo e dalla necessità di far fronte a condizioni di emergenza urbana riguardanti servizi primari quali la raccolta dei rifiuti, la mobilità e la congestione veicolare, il rischio idrogeologico, etc.

Tale contesto lascia, l'aggiornamento delle tecniche del costruire secondo le regole dell'efficienza energetica, alla sensibilità e alla conoscenza dei singoli operatori del settore, rendendo di fatto molto spesso inapplicata la regolamentazione nazionale.

Da quanto sopra esposto, si evince come sia necessario, in Italia come in altri paesi dell'UE che mostrano tale ritardo, orientare gli strumenti regolatori esistenti verso la rigenerazione urbana, colmando il divario tra quanto si pianifica e quanto si realizza a livello locale nel governo della città e nell'ambito dell'edilizia.

Il Regolamento edilizio (RE), in riferimento all'ambito del costruire, sembra essere tra i documenti tecnici-operativi quello che con maggiore efficacia può accogliere tale integrazione.

Questo rappresenta, infatti, uno snodo fondamentale del processo edilizio, in quanto in esso convergono aspetti tecnici e procedurali. Essendo uno strumento operativo, il RE risulta fortemente legato al territorio, delineandosi attraverso una

lettura dello stesso che provenga “dal basso”, tenendo conto, quindi, delle criticità e caratteristiche proprie del contesto che regola, ma al contempo si adatta alla corsa verso la progettazione sostenibile degli agglomerati urbani che, con grande spinta, l’Unione Europea e in risposta lo Stato Italiano sta perseguendo.

Nella formulazione di tale strumento s’incrociano competenze in materia di urbanistica, edilizia ed energia di soggetti diversi. Per questo, oltre che attraverso un rimando continuo alla normativa vigente in ambito di energia ed efficienza energetica, il RE deve essere formulato secondo una procedura il più possibile partecipativa. Ciò al fine di elaborare un documento che sia condiviso dai portatori di interesse del settore delle costruzioni (progettisti, imprese e aziende) e che abbia una concreta applicabilità a livello sia amministrativo che tecnico.

In Italia negli ultimi anni si è assistito ad un proliferare di leggi regionali in ambito di efficienza energetica allo scopo di colmare il vuoto normativo di carattere tecnico che per molti anni ha caratterizzato la legislazione nazionale in tal ambito. Molte regioni, quindi, hanno definito proprie metodologie, limiti, criteri di efficienza energetica da applicare a nuove costruzioni e ristrutturazione (è il caso della Regione Lombardia).

Nella maggior parte delle regioni di Italia per fornire delle indicazioni pianificatorie di carattere energetico e di valenza regionale, si sta procedendo all’emanazione di “**Linee Guida Regionali per la revisione dei Regolamenti edilizi comunali in chiave sostenibile**” allo scopo di fornire alle Amministrazioni locali regole condivise che possano aiutare nella revisione dei RE esistenti.

In taluni casi le Amministrazioni comunali hanno proceduto con la formulazione di un’appendice energetica al RE esistente rimarcando, quasi totalmente i parametri prestazionali indicati nelle linee guida e definendo, quindi, un documento che funge da **Allegato energetico al RE**.

Questo si presenta come uno strumento efficace per disciplinare le trasformazioni edilizie secondo criteri di compatibilità ambientale ed efficienza energetica, in quanto:

- La forma di “**Allegato**” contribuisce a dare maggiore **flessibilità** allo strumento regolatorio, permettendo un facile e continuo aggiornamento dei parametri prestazionali e tecnologici in esso inseriti, che risultano sensibili ai cambiamenti legislativi e di mercato in continua evoluzione; la forma di Allegato, di contro, permette di mantenere all’interno del documento principale del RE tutte le indicazioni in termini di grandezze urbanistiche, requisiti di distanza, classificazione degli interventi, accessibilità ai disabili etc, che non fanno strettamente parte dell’ambito energetico;
- I contenuti che fornisce l’Allegato sono **regole operative di carattere prestazionale o relative a prescrizioni specifiche**, che possono essere di

carattere obbligatorio o facoltativo, solitamente riferite e distinte per categorie di intervento edilizio e per aree tematiche e che interessano i principali campi d'azione dell'edilizia sostenibile;

- Nelle forme più complete di Allegato, ogni articolo è completato da una **descrizione dei benefici qualitativi degli interventi** in esso contenuti e dalle attività di verifica e controllo che l'Amministrazione Comunale metterà in atto per verificare la rispondenza del progetto ai requisiti richiesti, tali contenuti sono specificati maggiormente per gli articoli di carattere cogente.

In altre regioni, inoltre, con l'emanazione di leggi regionali specifiche (per esempio Emilia Romagna e Toscana), il Regolamento Edilizio ha assunto di diritto una nuova veste andando a governare tutti i possibili interventi sulla città esistente, connettendo le problematiche del costruire sostenibile con quelle dello spazio urbano e allargando lo sguardo dal singolo edificio allo spazio pubblico e al quartiere.

Il documento quindi diventa a pieno titolo un Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE), con norme regolative e prestazionali, abachi e tavole indicative degli usi e dell'organizzazione degli spazi aperti, nonché dei criteri di progettazione dello spazio edificato, della città storica e del territorio rurale, andando quindi a definire principi generali di orientamento ai progettisti e demandando ad allegati quali le "schede tecniche" indicazioni di carattere più operativo (un esempio è il caso del RE di Bologna, in vigore dal maggio 2009). In questi casi il documento assume un carattere prestazionale più generalizzato, caratterizzato dall'individuazione degli obiettivi da raggiungere senza prestabilire e prefigurare la soluzione per l'ottenimento del risultato auspicato. Ciò conferisce flessibilità al Regolamento non limitando la libertà progettuale dei tecnici. Questa scelta, indubbiamente impegnativa, viene sostenuta prevedendo Guide progettuali di orientamento verso buone pratiche e soluzioni conformi al regolamento o schede tecniche di dettaglio.

Il regolamento di Bologna, quindi, assume una veste più vicina a quella maggiormente condivisa a livello europeo, anche se, con il contributo delle schede tecniche, si sveste del ruolo pianificatorio generale e si cala nell'operatività della progettazione e realizzazione degli interventi.

Maggior dovizia di particolari si ha, infatti, nelle schede che riguardano gli interventi sugli edifici. Qui, ove necessario, le prestazioni formulate dal Regolamento Urbanistico Edilizio trovano precisazione circa: gli indicatori da assumersi per una misurazione delle prestazioni; gli standard da garantire perché i requisiti prestazionali possano dirsi effettivamente assolti (livelli di prestazione); le regole del costruire, la cui adozione costituisce condizione essenziale per il conseguimento degli obiettivi prestazionali perseguiti, etc. Alle schede tecniche pertiene altresì il compito di definire i livelli prestazionali migliorativi (previsti ove il RUE inneschi meccanismi finalizzati a promuovere ulteriormente la qualità degli



interventi) e i relativi modi di verifica, costituendo un supporto per il progetto e andando, di fatto, ad assumere lo stesso valore che l'*Allegato energetico* ha nel caso di aggiornamento ai RE esistenti.

In altre regioni d'Italia, soprattutto quelle del Sud, si assiste ad una condizione di stallo in termini di regolamentazione energetica, pertanto i contenuti dei RE continuano a limitarsi a disciplinare, con norme vincolanti e prescrittive, gli aspetti tecnici degli immobili e delle loro pertinenze, secondo una logica che non fa riferimento alle prestazioni di ciò che regola ma si limita a porre parametri numerici su aspetti tecnico-estetici, igienico-sanitari, di sicurezza e vivibilità degli immobili, senza tener conto di elementi come comfort abitativo e consumi energetici.

## 8.4 Contenuti dei RE sostenibili in Italia

In Figura 30 si riportano alcuni dati del Rapporto ONRE 2013 (Nanni, Eroe, Toso e Mostacci, 2013), condotto da Cresme e Legambiente, che riguardano la distribuzione dei comuni italiani che hanno messo ad oggi in atto la revisione del proprio Regolamento Edilizio.

I comuni che sono stati impegnati nella revisione e riformulazione del Regolamento Edilizio in chiave energetico-ambientale al 2012 in Italia erano circa 1003, pari al 12,4% del totale dei comuni italiani, e interessavano grandi città e piccoli centri (Nanni, Eroe, Toso e Mostacci, 2013).

E' interessante sottolineare come tale cambiamento in Italia sia abbastanza recente (del totale solamente il 14% dei regolamenti edilizi risulta antecedente al 2006) e come nonostante la distribuzione geografica mostri la presenza ad oggi di almeno un regolamento edilizio sostenibile in tutte le Regioni del Paese, la maggiore concentrazione sia nel Centro-Nord.

Un elemento significativo che in gran parte può spiegare l'alta concentrazione di tali strumenti innovativi nelle regioni del nord di Italia è anche quello legato alle condizioni climatiche di tali regioni e al conseguente *know how* in tale ambito.

Come infatti precedentemente menzionato, i consumi maggiori in Italia in ambito di edilizia residenziale sono da imputare ancora al riscaldamento.

Le soluzioni, quindi, maggiormente poste in essere all'interno dei RE mirano ad ottenere una riduzione dei consumi in tal ambito e fanno riferimento in linea generale a conoscenze del comportamento termofisiche degli edifici ormai ben consolidate<sup>98</sup>.

---

<sup>98</sup>Il comportamento degli edifici nei climi freddi, e la conseguente individuazione delle soluzioni più idonee da porre in atto per ottenere edifici ad alte prestazioni, è un tema che da molti anni viene trattato in letteratura e che è stato ampiamente affrontato da quelli che, allo stato attuale, sono tra i più autorevoli enti di certificazione energetica degli edifici in Italia e non, quale l'Agenzia per l'Energia Alto Adige-CasaClima (Bolzano, Italia) e il Passivhaus Institut (Darmstadt, Germania) che sono accumulati dall'operare in contesti caratterizzati da climi freddi.

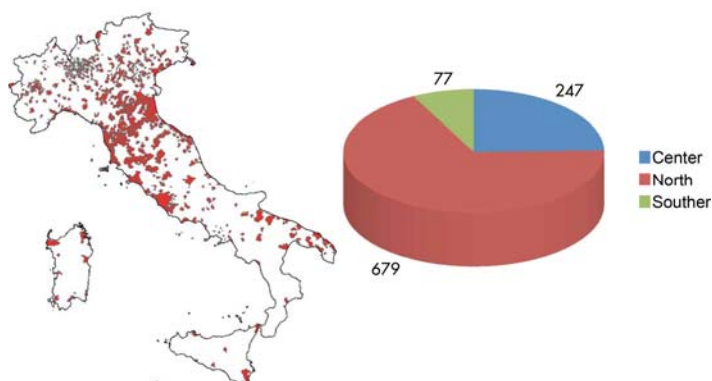


Figura 30. Distribuzione geografica e numero di comuni che hanno revisionato il proprio Regolamento Edilizio in chiave sostenibile all'anno 2013 in Italia. (Nanni, Ero, Toso e Mostacci, 2013)

Di seguito (Fig. 31) si riporta un'analisi dei parametri maggiormente considerati all'interno dei RE sostenibili in riferimento rispetto al numero dei RE revisionati in Italia al 2013.

Come si nota è senza dubbio quello dell'isolamento termico, insieme all'obbligo di installazione di pannelli fotovoltaici e solare termico, il sistema più considerato, ciò anche in funzione dei dettami cogenti inseriti dal decreto italiano di recepimento della Direttiva 2002/92/CE, Dlgs 28/2011<sup>99</sup> (Presidente della Repubblica, 2011), che obbligano ad una certa copertura del fabbisogno energetico tramite impianti FER in base alla data di presentazione del pertinente titolo edilizio.

La differenza fondamentale tra i vari regolamenti è il come questi parametri vengano introdotti all'interno del documento regolatorio. Le indicazioni sono svariate in base ai comuni a cui si riferiscono e per i quali nella maggior parte dei casi si è proceduto con il definire dei parametri numerici migliorativi rispetto a quelli obbligatori posti dall'attuale normativa.

---

<sup>99</sup>Recepimento della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia. Il decreto norma il campo delle rinnovabili, stabilendo tra le altre cose, l'obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili (vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas) per la copertura di una percentuale minima dei fabbisogni di calore, elettricità e raffrescamento, ciò vale per gli edifici di nuova costruzione e gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione rilevante (edificio esistente avente superficie utile superiore a 1000 metri quadrati, soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro oppure edificio esistente soggetto a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria). Il decreto stabilisce che l'inosservanza dell'obbligo comporta il diniego del rilascio del titolo edilizio e che le leggi regionali non possono legiferare in contrasto con quanto previsto dal Decreto, ma possono prevedere norme più restrittive.

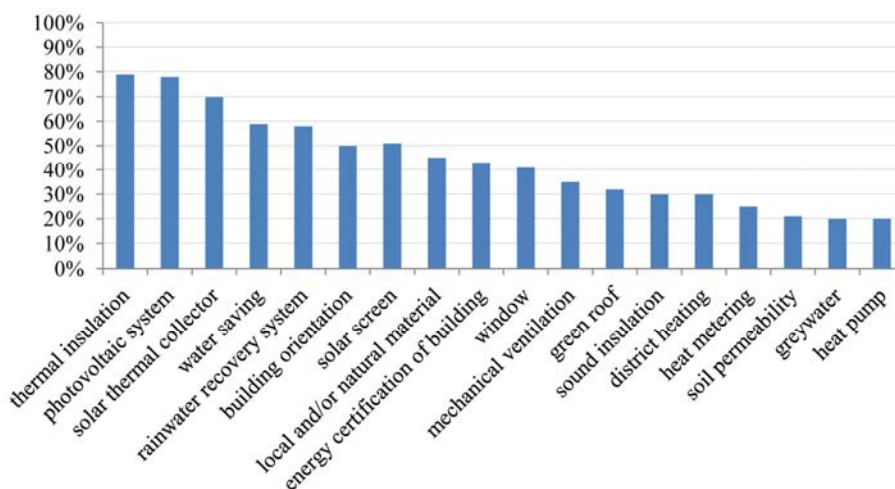


Figura 31. Sistemi ed elementi maggiormente considerati all'interno dei Regolamenti Edilizi sostenibili in Italia al 2013 (Nanni, Eroo, Toso e Mostacci, 2013).

#### 8.4.1 Lo strumento degli incentivi e le “premiabilità” previste nei Regolamenti Edilizi comunali

Gli incentivi, come noto, sono uno strumento indispensabile per lo sviluppo e la consolidazione nel mercato di tecnologie innovative, basti pensare al caso dei pannelli fotovoltaici e del susseguirsi dei diversi “Conto Energia” che in Italia hanno portato ad oggi ad un considerevole abbassamento dei prezzi di tale tecnologia e ad una loro diffusione sul territorio nazionale (compreso quello della Regione Siciliana), seppur ancora non si sia raggiunta la *grid parity*<sup>100</sup>.

Lo strumento dell’incentivo o della premiabilità all’interno del RE, risulta quindi indispensabile per dare maggiore diffusione a quegli interventi di efficienza energetica che diversamente avrebbero dei tempi di ritorno dell’investimento insostenibili soprattutto per l’utente privato.

Noto il momento di crisi delle Amministrazioni Pubbliche in Italia e considerato che qualsiasi forma di incentivo utilizzato si traduce per il comune in un minor introito, è di fondamentale importanza che:

- All’interno del proprio RE i comuni scelgano le azioni da incentivare con una logica strettamente legata al ritorno economico dell’investimento rapportato all’energia risparmiata (calcolato sulla vita tecnica dell’investimento), ai conseguenti benefici ambientali per la collettività che quell’intervento determina, oltre che allo sviluppo del territorio che il comune vuole perseguire;

<sup>100</sup>La *grid parity* è il punto in cui l’energia elettrica prodotta a partire da fonti di energia alternative (es. energie rinnovabili) ha lo stesso prezzo dell’energia prodotta tramite da fonti fossili.

- L'incentivo tenga conto dell'applicabilità delle tecnologie in base agli strumenti urbanistici vigenti, alla tipologia edilizia prevalente del tessuto comunale e al possibile attecchimento dello specifico intervento sulla comunità. Infatti, per molte delle azioni che contribuiscono al raggiungimento della sostenibilità ambientale, fondamentale è la collaborazione dei cittadini, che se da un lato devono essere spinti da un interesse economico nell'applicabilità di un intervento, dall'altro devono anche essere informati sulle tecnologie e sui risparmi che certi interventi apportano;
- Lo strumento incentivante inoltre, permette di rendere chiaro l'orientamento politico e di sviluppo territoriale che un dato contesto locale vuole perseguire, ciò può anche avere il vantaggio di creare sviluppo economico all'interno del territorio, rendendo chiaro ai produttori e aziende locali il mercato che lo strumento in maniera indiretta attiverà, auspicando quindi ad una riduzione dei costi e ad una conseguente diffusione di tali tecnologie.

Dall'analisi del Rapporto ONRE 2013 (Nanni et al., 2013), viene alla luce un'interessante definizione di quelli che sono gli attuali strumenti incentivanti utilizzati in ambito edilizio all'interno dei RE.

Gli incentivi o premialità si possono distinguere in tre principali categorie:

- **incentivi di tipo economico**, nella forma di riduzione degli oneri di urbanizzazione secondaria<sup>101</sup> o di eliminazione del contributo di costruzione, molto spesso tarati in misura crescente a seconda dei livelli risparmio energetico, dell'eco compatibilità dei materiali e delle tecnologie costruttive utilizzate, etc. Questi vengono utilizzati come strumento incentivante nel 45% dei nuovi RE nazionali.
- **incentivi di tipo urbanistico**, premi volumetrici, per i quali riconoscendo i miglioramenti delle prestazioni energetiche, si concede un ampliamento dell'edificio che non andrà calcolato come superficie utile. Lo scomputo dalla volumetria totale dell'aumento della volumetria dovuto all'installazione d'impianti o alla creazione di cappotti termici o altri accorgimenti legati al miglioramento dell'efficienza energetica, spesso in deroga agli strumenti urbanistici vigenti in attuazione al DLgs n.115/2008, sono al pari degli incentivi di tipo economico, le forme più utilizzate;
- **finanziamento diretto** attraverso bandi per alcune tipologie di intervento specifiche, è il caso di bandi con erogazione diretta di contributi.

---

<sup>101</sup>Relativi alla realizzazione dei servizi sociali a supporto di un insediamento urbano, quali scuole, chiese o aree a verde di quartiere.

Ci sono poi Comuni che, per chi attua interventi di sostenibilità in edilizia, hanno stabilito tra gli incentivi la riduzione di alcune tasse comunali, come ad esempio la tassa sui rifiuti, è il caso del comune di Bari.

In ambito di incentivi è d'obbligo un richiamo a quella che è l'attuale situazione nazionale, riguardo a ristrutturazioni edilizie e interventi di efficienza energetica.

Il quadro degli incentivi statali in tale ambito è ad oggi (2014) molto favorevole, sintomo di quanto tali interventi abbiano rilievo all'interno delle politiche energetiche e di rilancio dell'economia che l'Italia sta attuando. Solo a titolo esemplificativo si menzionano la Detrazione fiscale sulle ristrutturazioni edilizie (pari al 36%) e quella sugli interventi di riqualificazione energetica degli edifici (65%), il Conto termico (che incentiva interventi di piccole dimensioni, realizzati su edifici esistenti, per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili).

Il quadro si completa con gli incentivi regionali, per esempio nel caso della Regione Sicilia, gli incentivi legati al "Piano Casa" (Legge Regionale n.6 del 23 marzo 2010, prorogata al 2018), che prevede premialità volumetriche per gli interventi di demolizione e ricostruzione effettuate secondo le tecniche della bioedilizia.

Alla luce di quanto esposto, essendo il quadro degli incentivi statali italiano, molto proficuo per i soggetti privati, qualsiasi forma d'incentivo all'interno del RE di certo non può risultare concorrenziale nel promuovere certe azioni di sostenibilità ambientale, e non può creare una forte differenza sull'applicabilità o meno di una certa azione di efficienza energetica.

Nonostante ciò la conoscenza degli incentivi statali presenti è funzionale a comprendere, a livello di tecnologie e azioni, la strada verso cui tende la politica di efficienza energetica del Paese, permettendo di fornire una direzione di intervento a quei Comuni che, nel definire le azioni del RE sostenibile, vogliono dare maggiore forza a certe azioni facilitando così, ancor di più, ai propri cittadini la realizzazione di alcuni interventi e ai propri tecnici l'utilizzo in fase progettuale di determinate tecnologie.

E' comunque da sottolineare che gli incentivi statali attualmente hanno dei limiti temporali per cui, il RE, potrebbe essere in seguito, con maggiore forza, volano per certi interventi, cioè quando il sistema degli incentivi statali sarà rientrato in valori minori.

## **8.5 La definizione di Linee Guida per la revisione del Regolamento Edilizio comunale in chiave sostenibile**

La definizione di Linee Guida per la revisione dei Regolamenti Edilizi dei Comuni di un'intera Regione può presentarsi come uno strumento efficace per raggiungere un cambiamento distribuito a livello territoriale anche se contiene in sé il limite di dover definire dei contenuti tecnico-operativi generalizzati, che siano idonei ai vari contesti territoriali locali e che spesso quindi necessitano per essere totalmente efficaci di essere tarati in maniera conforme alle caratteristiche peculiari del territorio che il Regolamento Comunale disciplinerà. A livello locale, per esempio, le caratteristiche climatiche del territorio possono variare considerevolmente (è il caso della Regione Sicilia).

L'Amministrazione Comunale che volesse definire in maniera più dettagliata i principi di progettazione sostenibile da realizzare in uno specifico territorio, al di là delle prescrizioni cogenti valide a livello nazionale, dovrà:

- Eseguire uno studio accurato che parta dalla conoscenza delle caratteristiche climatologiche, morfologiche, tipologiche del territorio nel quale ci si colloca allo scopo di definire i parametri e le azioni migliorative più idonee per lo specifico contesto, ad esempio relativamente all'utilizzo d'impianti di produzione da FER;
- Condurre un'analisi degli strumenti urbanistici già vigenti; sarà necessario che l'Allegato energetico al Regolamento edilizio, in quanto strumento di definizione di parametri energetico-territoriali, si coordini e si integri con gli altri strumenti di pianificazione comunale vigenti e attinenti come ad esempio il Piano energetico comunale, ove presente;
- Al fine di mantenere i caratteri costruttivi dell'architettura locale di contesti urbani di particolare pregio, l'Amministrazione Comunale dovrà dare indicazioni specifiche che garantiscano l'armonizzazione dell'intervento volto al risparmio energetico con i caratteri dell'ambiente naturale e costruito nel quale lo stesso è inserito; valutazioni tipologiche che integrino la tipologia architettonica ed energetica del patrimonio edilizio, potrebbero essere utili a definire interventi di riqualificazione energetica per cluster di edifici (a tal proposito si veda il Capitolo seguente);
- Per rendere realmente operativo il Regolamento, l'Amministrazione dovrà prevedere procedure di controllo e di verifica dei progetti e dei cantieri. Sarà compito dell'Ufficio Tecnico comunale competente controllare la conformità del progetto presentato con le regole previste dal Regolamento, per rendere tale controllo più agevole l'Amministrazione può elaborare una check list sintetica che riporti gli interventi obbligatori in ambito di efficienza che la normativa cogente e l'Allegato energetico contengono,

questa verrà compilata e presentata dal professionista come allegato alla relazione di progetto<sup>102</sup>.

## **8.6 Il caso della Regione Siciliana: le fasi per l'elaborazione di Linee Guida regionali per l'aggiornamento sostenibile dei Regolamenti Edilizi esistenti**

Con lo scopo di costruire la base conoscitiva e rendere applicabile a livello territoriale un'azione di revisione dei Regolamenti Edilizi esistenti, il lavoro per la definizione delle Linee Guida per l'aggiornamento dei RE per la Regione Siciliana si è svolto attraverso fasi successive.

Di seguito sono elencate le fasi di elaborazione:

- 1) Analisi del Regolamento Edilizio esistente di alcuni dei principali comuni siciliani allo scopo di valutare se, in essi, vi siano possibili criticità allo sviluppo di misure di efficienza energetica e alla diffusione d'impianti di produzione da fonte rinnovabile;
- 2) Individuazione dei limiti fissati dalle norme di settore vigenti in ambito d'efficienza energetica nell'edilizia;
- 3) Individuazione di standard migliorativi delle prestazioni energetiche in riferimento alle specifiche caratteristiche del territorio da regolamentare.

Riguardo al punto 1), dall'analisi effettuata, è emerso come non vi siano particolari criticità normative, ma una comune mancanza.

Se da un lato, infatti, il tema dell'efficienza energetica è in continuo divenire, con un susseguirsi di Direttive europee e recepimenti nazionali, che rendono difficile l'aggiornamento continuo dei RE, dall'altro, il caso della Regione Siciliana è particolarmente critico avendo, all'interno dei suoi comuni, RE che risultano non aggiornati alle nuove disposizioni normative e che legano il sistema di controllo della qualità edilizia a caratteristiche esclusivamente architettoniche quali le dimensioni di volumi, di altezze e di superfici.

Sulla base dell'analisi dei dati relativi agli attestati di certificazione energetica degli edifici depositati al Dipartimento Regionale dell'Energia<sup>103</sup>, si evidenzia come, ad oggi, più dell'60% degli edifici esistenti attestati una bassa prestazione energetica degli immobili (classe energetica G); ciò sottolinea come nella Regione,

---

<sup>102</sup>La scheda potrà contenere oltre ai dati relativi alle caratteristiche energetiche (per esempio: i dati climatologici, geometrici, di fabbisogno energetico oltre che le caratteristiche e i requisiti di involucro e impianto) anche quelli urbanistico-architettonici. Il tecnico comunale potrà così sinteticamente avere tutti i dati necessari per controllare la rispondenza dei requisiti sia in fase di presentazione del progetto che di eventuale controllo in cantiere.

<sup>103</sup>Dati catasto energetico Regione Sicilia (2014) <http://www.cefa.energia.sicilia.it/consulta>

il rispetto dei requisiti energetici minimi in ambito di edilizia, sia ancora una pratica non consolidata che non permette quindi di sviluppare il mercato delle riqualificazioni energetiche. Tale situazione è maggiormente presente nei piccoli centri della Regione, dove spesso le pratiche del costruire sono fortemente radicate a prassi locali consolidate.

Emerge, inoltre, come la criticità maggiore sia la mancata conoscenza e comprensione di molti degli aspetti tecnici legati al settore dell'efficienza energetica. Le Amministrazioni sono composte da professionisti che spesso non riescono a gestire e accogliere l'innovazione e gli stakeholders locali, a cui si affida soprattutto nelle piccole realtà l'arte del costruire, manifestano grande difficoltà ad adeguarsi alle nuove normative.

Le precisazioni di cui sopra sono indispensabili per rendere chiaro come in Sicilia, più che in altre regioni, possa essere utile, da parte del Dipartimento Regionale competente, elaborare e offrire delle Linee Guida operative che indirizzino le Amministrazioni locali nella redazione dell'Allegato energetico ai Regolamenti Edilizi comunali.

Per ciò che riguarda il punto 2), si rileva come normalmente l'Allegato energetico ad un RE dovrebbe contenere solo azioni migliorative, rispetto ai limiti fissati dalle norme di settore. Nella realtà siciliana, per iniziare il processo di trasformazione generando un cambiamento all'interno dell'intera filiera delle costruzioni, potrebbe essere necessaria un'introduzione graduale di tali indicazioni che ribadisca anche quali siano i limiti stabiliti per legge. Ciò potrebbe essere reso possibile, oltre che da una costante attività di informazione e sensibilizzazione tra gli stakeholders locali da parte delle Amministrazioni, anche dalla redazione di documenti operativi, quali i RE, che siano strumento di supporto alle scelte progettuali e di verifica delle prestazioni.

L'analisi dell'attuale normativa di settore inerente l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile a livello sia nazionale che regionale, costituisce, quindi, una fase indispensabile all'elaborazione del documento, al fine di rendere chiaro quali siano i limiti cogenti e volontari che allo stato attuale regolamentano tale ambito. L'intento è quello di fornire una guida alle Amministrazioni che vogliano revisionare il proprio RE in chiave sostenibile, rendendo chiaro il "punto di partenza" (riferimenti normativi e dettami che la norma impone) ed fornendo indicazioni e proposte su ciò che potrebbe essere incentivato dal comune come libera scelta di politica energetica, nell'ottica della transizione verso edifici ad "energia quasi zero".

Di seguito si riporta uno schema di alcuni riferimenti legislativi minimi, aggiornati al 2014, da considerare nel caso si voglia predisporre un documento di Allegato energetico al RE, lo schema riporta anche le specifiche per la Regione Siciliana (Fig.32).



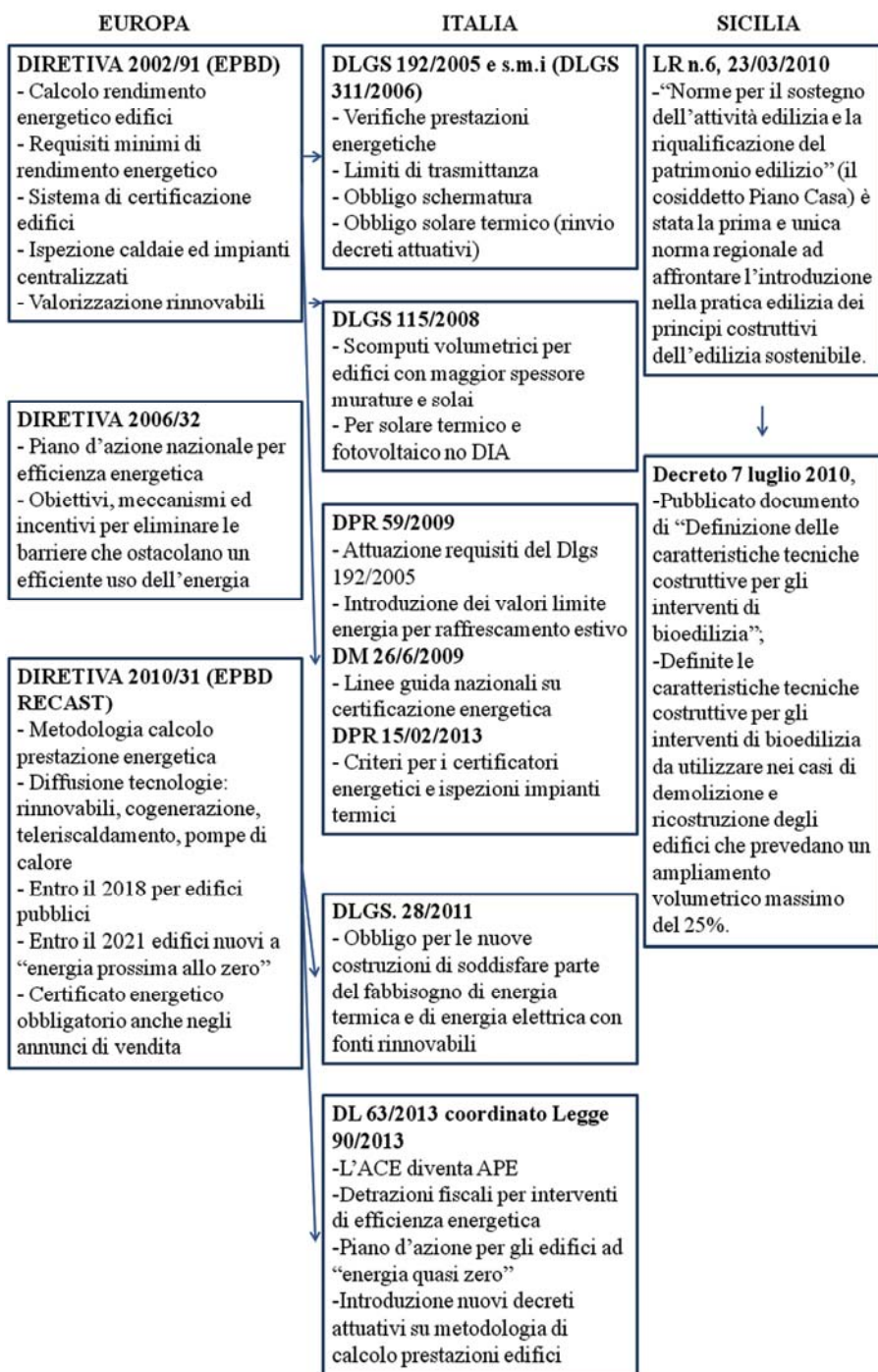


Figura 32. Schema dei riferimenti legislativi minimi da considerare nel caso si voglia predisporre un documento di Allegato energetico al RE.

Negli ultimi anni, la Comunità Europea ha avviato progetti di ricerca con lo scopo di studiare e promuovere i metodi più adatti per limitare i carichi termici estivi negli edifici residenziali, principalmente attraverso soluzioni passive (ad esempio il progetto “Keep Cool<sup>104</sup>” e il progetto “Passive-On<sup>105</sup>”).

Si prevede, infatti, che la domanda di energia frigorifera aumenterà drammaticamente in Europa nei prossimi anni (Varga et al., 2007) soprattutto nei paesi dell’area del Mediterraneo. Di sostegno, quindi, all’ambito della definizione delle azioni di miglioramento delle prestazioni riferite all’involucro edilizio (punto 3), considerate le condizioni climatologiche della Regione Siciliana, sono stati individuati alcuni studi di settore riguardanti l’applicazione dello Standard Passivhaus per il sud dell’Europa (Zangheri, Pagliano e Carlucci, 2009) che focalizzano il loro interesse sul problema dei consumi energetici dovuti al raffrescamento estivo.

### ***8.6.1 L’analisi dell’attuale normativa di settore inerente all’efficienza energetica e alla produzione di energia da fonte rinnovabile nella Regione Siciliana***

Al fine di individuare i requisiti cogenti che le Linee Guida e l’Allegato Energetico comunale debbano contenere, è indispensabile compiere un’analisi della normativa di settore di riferimento per il contesto che le Linee Guida dovranno disciplinare.

A livello regionale, il contesto normativo in tale ambito non si discosta quasi per nulla da quello nazionale.

La Legge Regionale n.6, 23/03/2010 “Norme per il sostegno dell’attività edilizia e la riqualificazione del patrimonio edilizio” (il cosiddetto Piano Casa<sup>106</sup>) è stata la prima e unica norma regionale ad affrontare l’introduzione nella pratica edilizia dei principi costruttivi dell’edilizia sostenibile. La sua applicabilità però è stata limitata a pochi Comuni, che non a caso presentano dei caratteri distintivi. Questi sono, infatti, i comuni più estesi a livello territoriale e di numero di abitanti, dove probabilmente l’inerzia propria di molte delle Amministrazioni Comunali della Regione viene vinta da uno stimolo esterno, come quello proveniente da cittadini, professionisti e imprese che hanno già una qualche conoscenza e sensibilità al tema

---

<sup>104</sup> [http://www.eerg.it/index.php?p=Progetti\\_-\\_Keepcool\\_II](http://www.eerg.it/index.php?p=Progetti_-_Keepcool_II)

<sup>105</sup> <http://www.eerg.it/passive-on.org/it/>

<sup>106</sup> Provvedimento normativo nazionale, la cui prima versione è risalente al Governo Berlusconi (2009) al fine di rilanciare il settore dell’edilizia offrendo al cittadino la possibilità di effettuare interventi di ampliamento della volumetria e/o ristrutturazione della propria abitazione con una sensibile semplificazione delle procedure burocratiche, in deroga a quanto consentito dai Piani Regolatori comunali e a fronte di interventi di riqualificazione energetica. Il provvedimento è stato poi disciplinato da ogni regione in maniera autonoma. La Sicilia ne ha prorogato la validità fino ad Agosto 2014.

del risparmio energetico, della sostenibilità ambientale e dei benefici ad essa collegati.

Con il Decreto 7 luglio 2010, la Regione ha pubblicato un documento di “Definizione delle caratteristiche tecniche costruttive per gli interventi di bioedilizia”, inerente alle azioni del Piano Casa, al fine di definire le caratteristiche tecniche costruttive per gli interventi di bioedilizia da utilizzare nei casi di demolizione e ricostruzione degli edifici che vengono premiati dai comuni permettendo un ampliamento volumetrico dell’immobile del 25% e del 35% nel caso in cui vengano adottati sistemi che utilizzino fonti di energie rinnovabili che consentano l’autonomia energetica degli edifici.

Il limite di tale documento, che probabilmente ne ha anche circoscritto l’applicazione, è quello di fornire un elenco di azioni inerenti a energia, acqua, rifiuti, materiali, salute e comfort, senza dare specifiche tecniche che possano indirizzare concretamente i professionisti e permettere all’Amministrazione Comunale un idoneo controllo sui progetti presentati, in più non chiarisce quali siano i requisiti da raggiungere per poter definire l’ampliamento come “costruito in maniera sostenibile”.

Nel caso in cui, come per la Sicilia, il contesto normativo della Regione recepisca la normativa nazionale senza dare indicazioni e limiti specifici, la redazione del documento di Linee guida dovrà tener conto, per l’identificazione dei requisiti cogenti, di un livello regolatorio più alto (Direttive europee e recepimenti nazionali).

### **8.6.2 Il riferimento scientifico per l’elaborazione di requisiti prestazionali migliorativi rispetto alla normativa cogente**

Considerato che nella normativa nazionale le tecniche di efficienza energetica degli edifici attenzionano, principalmente, i consumi e il raggiungimento del comfort abitativo della stagione invernale (probabilmente anche per il fatto che le conoscenze in tal senso derivano da paesi europei in cui tale problema costituiva la principale criticità), per la definizione delle azioni migliorative da inserire nelle Linee Guida per la Sicilia si è fatto riferimento allo studio scientifico elaborato dal gruppo eERG del Politecnico di Milano all’interno del Progetto Passive-On<sup>107</sup> (Zangheri, Pagliano e Carlucci, 2009).

La ricerca, che va sotto il nome di *Passivhaus per il sud dell’Europa- Linee guida per la progettazione*, ha rivelato che risulta generalmente possibile limitare senza troppe difficoltà i carichi termici nei paesi del Sud Europa portando il

---

<sup>107</sup> Progetto di ricerca e diffusione patrocinato dal programma europeo SAVE Intelligent Energys, sviluppato tra il 2005 e il 2007, mirava alla promozione di case passive nei climi caldi proponendosi di esaminare le modalità di estensione del progetto di costruzione di case passive in particolare nell’Europa del sud.

fabbisogno utile netto <sup>108</sup> per il riscaldamento ed il fabbisogno frigorifero a 15kWh/m<sup>2</sup>anno, mentre la domanda di energia primaria totale (riscaldamento degli ambienti, elettrodomestici, illuminazione e acqua calda sanitaria) risulta pari a 120kWh/m<sup>2</sup> anno, ciò per mantenere una temperatura operativa di 20°C in inverno e sotto i 26°C in estate.

Il risultato interessante dell'analisi è che i carichi di raffrescamento spesso possono essere fronteggiati con sole strategie passive (isolamento dell'involucro, schermature, raffrescamento evaporativo, etc.).

Anche se la *Passivhaus italiana* adotta molti dei concetti della *Passivhaus tedesca*, lo studio ha messo in luce la necessità di modificare alcune specifiche di dettaglio. In generale il clima più mite presente in Italia permette di raggiungere i limiti energetici e di comfort dello standard Passivhaus utilizzando criteri meno stringenti. Di seguito si elencano alcuni risultati dello studio Passive-On esplicitativi di tali differenze. L'analisi è stata condotta su un modello di casa a schiera di nuova costruzione collocata in differenti città italiane <sup>109</sup>. Le principali differenze evidenziate dallo studio riguardano:

- L'isolamento delle superfici opache: mentre una tipica Passivhaus tedesca per giungere a valori di trasmittanza termica, U, di 0,15 W/m<sup>2</sup>K, richiede mediamente 25-35 cm di isolante (conduttività di 0,037 W/mK) sulle pareti esterne e 30-40 cm sul tetto, a Milano è possibile soddisfare lo Standard di fabbisogno termico con uno spessore degli strati isolanti di 25 cm e a Palermo si può ridurli a 5-6 cm (se si mantiene anche qui la ventilazione meccanica con recupero di calore) oppure si può eliminare la ventilazione meccanica con recuperatore e potenziare di molto l'isolamento;
- La permeabilità dell'involucro <sup>110</sup> (tenuta all'aria dell'involucro): lo standard e la buona pratica dell'Europa Centrale richiedono che gli

---

<sup>108</sup> Energia termica utile dell'involucro edilizio riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato e detratte le perdite recuperate dal sistema di produzione di acqua calda sanitaria. Stima da effettuare secondo la UNI EN ISO 13790 e la UNI TS 11300-1.

<sup>109</sup> Le simulazioni sono state effettuate su una villetta a schiera di testa, con orientamento Nord-Sud, con un'area netta calpestabile di 120 m<sup>2</sup> ed un rapporto S/V di 0,8 m<sup>-1</sup>. La schiera è sfalsata in modo che il 50% della parete ad ovest è protetta dalla parete ad est della casa contigua. La casa è realizzata in calcestruzzo armato e mattoni pieni (15 cm), uno strato isolante esterno di 25 cm protetto e sostenuto nella parte esterna da blocchi autoportanti (12 cm) e intonaco di calce. Per il tetto invece struttura portante in laterocemento (20 + 4 cm) su cui, in ordine, si pongono: pannello isolante ad alta densità (25 cm), strato distribuzione dei carichi 5 cm, strato di cemento e sabbia di 6 cm ed infine piastrelle ceramiche. Il basamento (verso il sotterraneo non riscaldato) presenta gli stessi strati con un ordine inverso, mentre il solaio di interpiano (piano terra e primo piano) è composto dagli stessi strati, ma non è isolato. Le finestre invece sono state supposte con U= 1,0 ÷ 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Le simulazioni condotte con un software di modellazione dinamica (DOE Energy-Plus) hanno mostrato che con opportuni adeguamenti delle varie strategie di progettazione (per esempio variando i livelli di isolamento dell'involucro edilizio) si ottengono condizioni confortevoli per tutto l'anno a Milano, Roma e Palermo. Per le specifiche del modello di simulazione si veda il seguente link:  
[http://www.eerg.it/passive-on.org/CD/1.%20Technical%20Guidelines/Part%202/Passivhaus%20Italia/P-On-Part2-Italy-Guidelines-v2\\_1.pdf](http://www.eerg.it/passive-on.org/CD/1.%20Technical%20Guidelines/Part%202/Passivhaus%20Italia/P-On-Part2-Italy-Guidelines-v2_1.pdf)

<sup>110</sup> Misurata con il test di tenuta all'aria (Blower Door Test) che permette di determinare il flusso equivalente di aria per infiltrazioni ad una differenza di pressione di 50 Pa (V50). Dall'analisi si ricava il

involucri edilizi limitino il ricambio d'aria a un massimo di 0,6 volumi l'ora per una differenza di pressione di 50 Pa ( $n_{50}^{111} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ ). Il limite imposto a Milano e Roma è invece di  $n_{50}$  pari a  $1 \text{ h}^{-1}$  (che fa riferimento a condizioni di ermeticità ottime) che risulta anche troppo conservativo in città più al sud come per esempio Palermo in quanto la temperatura di progetto invernale esterna supera gli  $0^\circ\text{C}$  (secondo la UNI 5364 a Palermo questa è pari a  $5^\circ\text{C}$ ) e come è noto la perdita di aria, cioè un flusso non controllato attraverso le pareti, le porte, le finestre e il tetto, è funzione della differenza di pressione e quindi di temperatura tra esterno e interno dell'involucro;

- La trasmittanza delle superfici trasparenti: i tripli vetri normalmente impiegati nel centro Europa possono essere sostituiti da doppi vetri basso-emissivi, o meglio, per ridurre gli eccessivi guadagni solari in estate senza penalizzare l'illuminazione naturale, da vetri a controllo solare o selettivi che riflettono l'infrarosso vicino (cioè la parte termica della radiazione) ma mantengono la trasparenza alla luce cioè la parte visibile dello spettro solare<sup>112</sup>.

### 8.6.3 Nuovi paradigmi di pianificazione di distretto nei regolamenti edilizi

Recentemente un nuovo modello di pianificazione è in fase di sviluppo a livello europeo, in questo modello la città è vista come il luogo in cui convivono ecosistemi interconnessi.

Secondo questo nuovo modello di pianificazione intelligente le reti fisiche e non, di attrezzature e strutture (ad esempio edifici, sensori, etc.), e le reti infrastrutturali (sistema di acqua ad esempio, del sistema di distribuzione elettrica, etc.) possono essere gestite insieme, con l'obiettivo di ottimizzare le diverse funzioni urbane.

La città del futuro sarà un equilibrio tra hardware e aspetti software, tra tecnologia e capitale umano, per migliorare la gestione dei vari ambiti urbani.

In questo contesto, il RE, fortemente legato al territorio, può essere considerato lo strumento più adatto per inserire nuove aree regolamentari portando reali cambiamenti a livello locale.

---

numero di ricambi d'aria per ora alla pressione di 50 Pa, indicato come indice  $n_{50}$ . I valori permettono di valutare la qualità dell'involucro edilizio sotto il profilo della sua ermeticità. Tanto più il valore è basso tanto più è performante l'involucro. Infatti un'infiltrazione di aria fredda dall'esterno o le perdite di aria calda dall'interno, dovute alla non ermeticità, si trasformano in un flusso concentrato di aria e vapore: il risultato è la formazione di condensa all'interno di componenti quali muri, nodo muro – falso telaio, nodo falso telaio – serramento, coibentazioni, tetti, nodo muro – tetto, ecc. Gli effetti sono negativi, infatti, la conducibilità termica di un materiale aumenta con l'aumentare dell'umidità al suo interno e la ritenzione di acqua condensata nelle strutture deteriora i materiali, favorisce l'insorgenza di muffe, causando un degrado del comfort abitativo. Si possono inoltre innescare fenomeni di marcescenza nelle strutture lignee, o il rapido deterioramento dei materiali isolanti.

<sup>111</sup> Indica quante volte l'ora viene cambiato il volume dell'edificio applicando una differenza di pressione, tra interno ed esterno, di 50 Pa.

<sup>112</sup> Il grado di selettività si descrive col il rapporto tra trasmittanza visibile e fattore solare.

La scala di quartiere sembra essere la più adeguata per coprire il divario tra il livello di regolamentazione a scala di edificio e quello a scala urbana.

«Il Distretto, infatti, è la cellula urbana multifunzionale elementare in cui sono stabiliti i collegamenti primari e le relazioni e dove sono localizzati i luoghi di molteplici e diverse attività. La sua dimensione rende l'ottimizzazione delle prestazioni, da un punto di vista energetico, sociale ed ambientale, più facile in quanto si configura come un piccolo nucleo con una propria identità e dotato di tutte le caratteristiche del piccolo insediamento urbano» (Mattoni, Gugliermetti e Bisegna, 2015).

Lo studio di Mattoni, Gugliermetti e Bisegna (2015), nell'ottica di pianificazione smart intesa come multisettoriale, individua gli ambiti pianificatori più sinergici.

A livello di distretto, "Energia" e "Ambiente" sono gli ambiti più interconnessi, in riferimento all'asse "Edifici" e "Ambiente Urbano".

Il rapporto tra le azioni che coinvolgono gli edifici e gli spazi urbani è evidente. Per esempio l'utilizzo di tetti verdi, ha un'efficacia sia a livello di Ambiente Urbano (mitigazione effetto isola di calore, aumento della vivibilità di spazi aperti, etc.) che a livello di miglioramento delle prestazioni dell'edificio. Inoltre, diversi studi (Zhou, Xu e Ma, 2010; van Gerwen, Jaarsma e Wilhite, 2006; Saguan, 2009) hanno mostrato come le reti di *smart metering*, l'uso di sensori e di ICT a livello di singolo edificio (Ippolito, Riva Sanseverino e Zizzo 2014), se distribuiti nel distretto, possono portare benefici in ambito di risparmio energetico sia ai singoli edifici che al sistema infrastrutturale di distretto.

E' anche in tale ottica che lo spazio del distretto può inserirsi all'interno degli ambiti affrontati dal RE, che si configura così sempre più come un RUE.

Con l'obiettivo di ridurre il consumo di energia nel settore residenziale possono essere individuati alcuni percorsi generali che si sommano ai tradizionali settori d'intervento (Wood e Newborough, 2003). Alle azioni di riqualificazione di involucro ed impianto, allo scopo di ridurre al minimo i carichi elettrici e termici, quindi, si aggiungono azioni volte all'ottimizzazione dei carichi e al risparmio dell'energia, allo scopo di sviluppare un comportamento consapevole degli utilizzatori finali (D'Oca, Corgnati e Buso, 2014; Lima e Navas, 2012) attraverso l'uso di sistemi BAC e contatori intelligenti (Ueno et al., 2006).

A livello distrettuale, l'evoluzione dei sistemi di produzione di energia implica lo spostamento di produzione da grandi generatori a molti piccoli generatori distribuiti. Un documento interessante (Yamaguchi, Shimoda e Mizuno, 2007) mostra per un distretto Giapponese, l'efficienza dell'applicazione simultanea di misure di efficienza energetica negli edifici che utilizzano tecnologie esistenti con lo scopo di massimizzare la riduzione di CO<sub>2</sub> nel quartiere e raggiungere una sostanziale riduzione dei consumi energetici. Il lavoro sottolinea quindi come l'attuazione

strategica delle tecnologie esistenti possa portare risultati notevoli nell'ambito del risparmio energetico.

Una maggiore efficienza delle reti di distribuzione e dei sistemi di generazione distribuita deriva dall'identificazione dei cosiddetti "distretti energetici" (si veda Capitolo 6), che nel contesto urbano sono riferiti ad aggregati di edifici serviti dalle stesse reti di distribuzione di energia, acqua, gas o calore. In questi sistemi l'uso di Smart Metering (SM) permette di ottimizzare la gestione delle infrastrutture e dei sistemi energetici (Manfren, Caputo e Costa, 2011, pp.1033-1034).

L'identificazione fisica di aggregati di carichi (elettrici, termici, etc) per la gestione dei servizi urbani e la loro regolamentazione avrebbero un forte impatto sull'efficienza della rete. La misura automatica dei carichi, la lettura da remoto dei contatori (SM) e la consegna delle informazioni al distributore e al cliente sono la base per la definizione di infrastrutture tecnologiche (Infrastrutture Smart).

L'installazione di contatori intelligenti può essere svolta sia a livello della rete di distribuzione (da parte quindi dei distributori), che presso la sede del cliente finale (attraverso investimenti privati). Il vantaggio della lettura dei dati da parte dei distributori sta essenzialmente nella possibilità di utilizzare i dati stessi in applicazioni intermodali tra reti diverse.

Un esempio semplice di ciò sono i sistemi *water to wire* che forniscono energia attraverso mini turbine poste all'interno della rete di distribuzione idrica cittadina (McNabola et al., 2014). In tale applicazione i due sistemi infrastrutturali (rete elettrica e rete idrica) dialogano in modo, per esempio, da poter indirizzare il carico elettrico nel punto più prossimo alla zona di produzione (che a sua volta è legata alla domanda idrica) e limitarne quindi le perdite di sistema. Altri esempi sono i sistemi di gestione dell'energia dedicati al controllo congiunto di riscaldamento e consumi di energia elettrica, nel caso in cui il sistema di generazione abbia uscite utilizzabili sia nel sistema di distribuzione di riscaldamento che nel sistema di distribuzione elettrico (esempi sono i sistemi cogenerativi a livello distrettuale).

Altri vantaggi dell'applicazione di sistemi SM distribuiti sono legati allo sviluppo di una maggiore consapevolezza dei cittadini circa i consumi e i costi di esercizio e quindi circa l'impatto economico ed ambientale del loro comportamento che, oltre ad una riduzione dei consumi complessivi, può portare ad uno spostamento dei carichi nei periodi in cui il prezzo di fornitura è minore.

A tal proposito il monitoraggio dei consumi consentirebbe anche l'apertura di un nuovo mercato liberalizzato di tariffe di fornitura che possono anche essere funzionali ad un appiattimento della domanda a causa dello spostamento del carico in risposta ad un cambio di prezzo dell'energia.

Tra i benefici di tali strumenti, comunque, il risparmio dell'energia è uno dei più rilevanti nell'analisi costi-benefici. Il caso della Gran Bretagna è emblematico di ciò. In Gran Bretagna è prevista l'installazione di SM congiunti per gas ed energia elettrica in ambito domestico entro 2019. La stima costi-benefici ha mostrato come

il beneficio derivante dal risparmio energetico rappresenta il 42% dei benefici totali attesi dalla diffusione dei SM simultaneamente nel settore del gas ed elettrico (Cervigni et al., 2011).

Un forte contributo allo sviluppo alle infrastrutture intelligenti deriva dalle norme europee che in genere seguono l'innovazione tecnologica congiuntamente all'abbassamento dei costi delle tecnologie.

Al fine di limitare il numero di sistemi non interoperabili, ogni paese, attraverso i propri organismi di normazione, ha avviato una fase di standardizzazione, con lo scopo di liberalizzare il mercato e consentire economie di scala. Diversi studi mettono in evidenza che questo obiettivo è ancora più raggiungibile e vantaggioso se la stessa infrastruttura ICT consente il monitoraggio e la gestione delle funzioni appartenenti a diverse reti urbane, come l'energia elettrica, acqua e calore o gas.

La Fig. 33 mostra alcune delle funzioni urbane interconnesse in un distretto energetico intelligente: acqua, energia elettrica, calore o gas, vengono monitorati attraverso sistemi di SM.

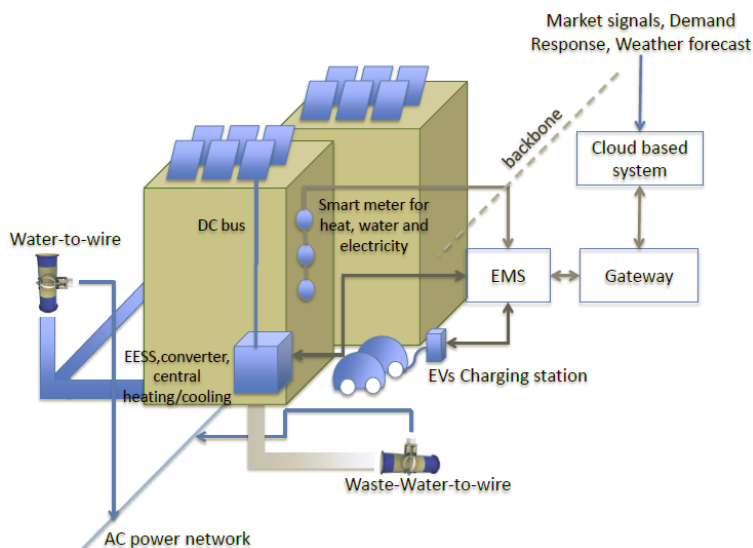


Figura 33. Schema d'installazione di contatori intelligenti per la gestione del distretto.

Le infrastrutture correlate s'influenzano a vicenda e dovrebbero essere gestite di conseguenza. Nella figura, i dati misurati acquisiti dagli SM vengono elaborati nel Sistema di Gestione dell'Energia (EMS-Energy Management System), che può lavorare a livello di edificio o a livello distrettuale e secondo degli step di acquisizione legati per esempio alle tariffe disponibili o al quadro normativo esistente. Le fonti di energia rinnovabile possono servire gli edifici anche per ciò che riguarda i servizi comuni, come l'illuminazione o l'alimentazione delle pompe del sistema idrico tramite un sistema di accumulo dell'energia elettrica (EESS-Electrical Energy Storage System). La EMS quindi controlleranno il EESS per preservare la durata delle batterie e minimizzare lo scambio energetico con la rete.



Se il quartiere è servito da un sistema di condotte idriche a gravità, l'energia cinetica delle acque reflue e dell'acqua potabile per esempio può essere utilizzata attraverso sistemi *water to wire* per la produzione di energia elettrica. Tali sistemi possono immettere energia nella rete di distribuzione di distretto o in quella di alimentazione dell'illuminazione pubblica. Sistemi di cogenerazione locali, alimentati per esempio dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani, potranno configurarsi come sistemi di produzione distribuita per energia elettrica e calore per gruppi di abitazioni.

### **8.7 Proposta di Linee Guida per la redazione dell'Allegato Energetico ai regolamenti edilizi Comunali per la Regione Siciliana**

Il documento proposto, esplicherà la normativa di riferimento vigente e le direttive, in modo da rendere chiaro gli obiettivi a lungo termine verso cui si tenderà a livello Comunitario e nazionale, indicherà i possibili strumenti di incentivazione che l'Amministrazione può utilizzare, focalizzerà la criticità maggiore dell'edilizia in area mediterranea e cercherà di fornire una guida alla redazione dell'allegato energetico introducendo anche degli aspetti legati alla pianificazione di distretto.

E' da specificare che, essendo la Regione Sicilia disomogenea relativamente a zona climatica (è la regione più varia d'Italia in tal senso; in generale si può dire che il 55% del territorio è in zona climatica B e il 33% in zona C) e caratteristiche edilizie dei contesti urbani, il documento fornirà in termini di "limiti numerici" indicazioni generali lasciando alle Amministrazioni il compito di specificare certe azioni relativamente ai limiti imposti per una certa zona climatica e ai bisogni e criticità che una specifica realtà edilizia possa presentare.

Dal punto di vista delle caratteristiche costruttive degli edifici siciliani Filogamo et al. (2014) mostrano che la percentuale maggiore degli edifici siciliani è stata costruita dagli anni '60 al '80, non ha più di cinque piani e che le caratteristiche termofisiche più comuni sono: finestre (vetro singolo, trasmittanza termica media 5 W/m<sup>2</sup> e 4 W/m<sup>2</sup> con la presenza di persiane); muri esterni (blocchi di cemento leggero, spessore 0,25 m o pietra naturale, la densità 1.500 kg/m<sup>3</sup>); tetto (trasmittanza termica 1,7 W/m<sup>2</sup>).

La Tab. 10 mostra un'ipotesi si Allegato energetico al RE che, in una prospettiva di città intelligente, a partire da misure di efficienza energetica negli edifici e con l'aiuto di dispositivi ICT, include anche alcune misure a livello distrettuale che possono sviluppare una pianificazione intersettoriale che coinvolga altri settori della città intelligente (ossia la mobilità, l'economia, l'ambiente, etc.).

Nonostante la disuniformità climatica della Regione si è assunto un riferimento generale che è quello di territori appartenenti alla zona climatica B (601<GG<900); è questo il motivo per cui alcune misure, quali quelle riguardanti: schermi solari; involucri edilizi; tetti verdi o ventilati; sistemi di raffrescamento passivo; solare

termico; permeabilità del suolo; acquistano maggiore importanza rispetto ad altre che sono più comunemente inseriti in regolamenti edilizi che governano climi del centro e del nord Italia (ad esempio sistemi passivi per il guadagno solare).

Sulla base di quanto sopra esposto si presenta di seguito la struttura del documento di Linee Guida.

Le aree tematiche delle Linee Guida proposte sono definite allo scopo di raggruppare i principali sistemi che possono contribuire a ridurre il consumo energetico degli edifici esistenti e nuovi.

Il documento si compone di una parte relativa alla regolamentazione di distretto e una specifica per gli edifici. L'inserimento di indicazioni relative alla definizione di distretti intelligenti, fa acquistare al regolamento edilizio (che tradizionalmente si occupa dell'ambito edilizio) una nuova veste, che integra l'idea di pianificazione locale intelligente e intersettoriale trattata nei precedenti capitoli.

L'idea è quella che lo strumento del Regolamento Edilizio possa allargare i propri confini regolamentari, come abbiamo visto per il caso del Regolamento della città di Bologna, al fine di coniugare l'idea di Hub energetico e quella di edifici come nodi di una rete infrastrutturale.

Come si vedrà per gli articoli contenuti nell'area di regolamentazione di distretto, le competenze relative ad alcune delle azioni inserite sono a capo dell'Amministrazione o delle municipalizzate più che del privato cittadino, o comunque hanno una più semplice applicazione nel caso di agglomerati di edifici che facciano capo ad un amministratore (ospedali, università, grandi condomini, etc.).

In un'ottica *smart city* e di pianificazione di distretto, un cambio di paradigma deve essere applicato anche alla governance del territorio. Probabilmente la riabilitazione di un ente già esistente, che è quello del "consiglio di quartiere", ultimo anello della catena amministrativa urbana ma punto di incontro reale tra l'Amministrazione e cittadino, potrebbe essere una dei cambiamenti indispensabili per la gestione della città maggiormente focalizzata alla scala di quartiere .

Ciascuna area tematica delle Linee Guida è composta da articoli; ogni articolo contiene dei requisiti cogenti e dei requisiti volontari<sup>113</sup> (entrambi distinguibili e resi identificabili all'Amministrazione tramite uno specifico riferimento inserito all'interno del testo del documento). I requisiti cogenti rappresentano il rispetto dei provvedimenti legislativi e normativi e costituiscono il complesso delle norme obbligatorie a cui ogni progetto deve uniformarsi. Questi sono soggetti ad aggiornamento ogni qualvolta intervengano delle variazioni alle norme di riferimento nazionali o regionali.

---

<sup>113</sup>A tal proposito il riferimento per l'involucro, come già menzionato, è stato quello dello Standard Passivhaus per il sud dell'Europa allo scopo di attenzionare il problema del raffrescamento estivo e dei consumi ad esse associati e inserire soluzioni migliorative che abbiano come finalità la riduzione dei consumi degli edifici nel periodo estivo.

I comuni sulla base della politica di sviluppo territoriale da loro adottata, delle risorse proprie del territorio e del bilancio interno comunale, possono inserire all'interno del proprio Regolamento Edilizio le indicazioni proposte, definendo anche dei livelli prestazionali migliorativi allo scopo di incentivare la progettazione e realizzazione di contesti ad elevate prestazioni energetiche. L'incentivazione può avvenire attraverso svariate forme di "premieria" (si veda paragrafo 8.4.1).

Di seguito sono elencate le aree tematiche principali delle Linee Guida:

### LIVELLO DI DISTRETTO

Area 1: Sostenibilità ambientale e valorizzazione del contesto

Area 2: Generazione distribuita e servizi addizionali per il distretto

### LIVELLO DI EDIFICIO

Area 3: Prestazioni energetiche dell'involucro e comfort

Area 4: Prestazioni energetiche d'impianto produzione di energia

Area 5: Sistemi di automazione (BAC)

Tabella 10. Proposta di Linee Guida per la definizione di un Allegato Energetico e Smrt ai regolamenti edilizi comunali della Regione Siciliana

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
A.1	Art.1 Orientamento dell'edificio	Le soluzioni planimetriche degli organismi edilizi di nuova costruzione e degli spazi aperti saranno definite tenendo conto del percorso apparente del sole e dei venti dominanti, privilegiando forme compatte e condizioni di esposizione e orientamento degli edifici tali da massimizzare i guadagni termici in inverno e limitarli nel periodo estivo. Disporre le raffestrature di superficie maggiore e gli ambienti nei quali si svolge la maggior parte della vita abitativa in modo da poter fruttare l'illuminazione naturale, avendo cura di predisporre elementi schermanti pari almeno al 70% della superficie vetrata per le finestre esposte a sud, sud-est e sud ovest e poter controllare così la radiazione solare nel periodo estivo. Qualora non si adottino tali provvedimenti, si dovranno mettere in atto soluzioni progettuali che riducano almeno del 20% il fabbisogno energetico di energia primaria dell'edificio. (Numan, Almaziad e Al-Khaja, 1999; Alzoubi e Malkawi, 2015; Infoenergia e Department BEST, 2012; Pagliano, Carlucci, Toppi e Zangheri 2009).
	Art.2 Controllo del microclima esterno	Al fine di limitare l'innalzamento delle temperature locali nelle zone densamente costruite (isola di calore) a beneficio del raffrescamento naturale nel periodo estivo, le essenze arboree in prossimità dell'edificio dovranno essere progettate con la funzione di elementi protettivi delle facciate esposte al vento di inverno e alla radiazione diretta d'estate, dovranno anche utilizzarsi per le pavimentazioni esterne materiali con alta riflettività ( <i>cool material</i> ) quali tappeto erboso, pietra chiara, legno o eventualmente pavimentazioni drenanti. (Santamouris, 2013; Tsilini; Gagoet al., 2013; Infoenergia & Department BEST, 2012)

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
	Art.3 Utilizzo di essenze arboree	Ai fini della qualità degli spazi insediati occorre accompagnare le nuove edificazioni con soluzioni che migliorino la qualità ambientale, presidino la permeabilità dei suoli, qualificano le componenti vegetali degli insediamenti. Ciò aumentando le componenti vegetali degli insediamenti (nelle nuove costruzioni o nel caso di demolizione e ricostruzione, almeno il 20% della superficie di progetto deve essere adibito a spazio verde, con piantumazione di alberi a chioma larga o comunque adatti a creare ombreggiamento), anche attraverso la realizzazione di tetti verdi (o giardini pensili). Garantire la salvaguardia del verde esistente con particolare riferimento agli esemplari arborei vincolati. Perseguire la più idonea composizione vegetazionali, preferendo l'impiego di specie botaniche autoctone. (Infoenergia & Department BEST, 2012).
	Art. 4 Gestione degli spazi comuni	Il Comune premierà le comunità che vorranno gestire indipendentemente alcuni spazi esistenti (piccole zone a verde o piazze). La comunità dovrà identificare un referente per il Comune che sia responsabile della gestione.
	Art.5 Controllo dell'inquinamento acustico	Negli interventi di nuova costruzione o ristrutturazione importante, è necessario minimizzare l'esposizione alle sorgenti di rumore presenti, compatibilmente con il contesto e i vincoli esistenti. Controllare il rumore prodotto dagli impianti tecnologici negli spazi diversi da quelli in cui il rumore si origina. Considerare il possibile utilizzo di specifiche soluzioni architettoniche che limitino l'esposizione dei ricettori all'inquinamento acustico, quali, a esempio: disposizione delle zone dell'unità immobiliare destinate al riposo nelle parti di edificio meno esposte; articolazione delle volumetrie dell'edificio, in modo da realizzare efficaci schermature nei confronti delle sorgenti sonore; utilizzo di ampi balconi o logge con parapetti pieni e impiego di materiali fonoassorbenti sui relativi intradossi e utilizzo di elementi vetrati con caratteristiche di isolamento acustico. (Garg, Kumar e Maji, 2013; Jang, Kim e Jeon, 2014; Kurra e Dal, 2012; Infoenergia & Department BEST, 2012; Comune di Bari, 2012)
	Art.6 Risparmio idrico	Al fine di ridurre il consumo di acqua potabile occorre prevedere accorgimenti tecnologici e impiantistici che limitino gli sprechi e consentano il riutilizzo delle acque meteoriche e delle acque reflue domestiche e urbane per usi compatibili. In tutti i casi di nuova costruzione e ristrutturazione edilizia importante è obbligatorio prevedere l'installazione di idonei dispositivi per limitare l'uso di acqua potabile e installare contatori individuali di acqua potabile per ogni unità immobiliare, oltre che prevedere sistemi di convogliamento, filtrazione e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura degli edifici ed eventualmente anche delle acque grigie da indirizzare per usi compatibili all'esterno dell'organismo edilizio. (Gurung et al., 2015; Agudelo-Vera et al., 2013; Regione Siciliana, 2010; Comune di Monterotondo, 2009)
	Art.7 Utilizzo di materiali ecosostenibili e riciclati	Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e finiture naturali o riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita. L'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti l'efficienza energetica, la qualità acustica e la sicurezza degli edifici. Sarà premiato dal comune l'uso di materiali di produzione locale che dovranno essere debitamente certificati, come anche l'utilizzo di sistemi e materiali da costruzione che possano essere facilmente rimossi, riutilizzati e/o riciclati. (Hoffmann et al., 2012; Behera et al., 2014; Regione Siciliana, 2010; Infoenergia & Department BEST, 2012)

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
<b>A.2</b>	Art.8 Infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli	E' obbligatoriamente prevista, per gli edifici di nuova costruzione ad uso residenziale e non con superficie utile superiore a 500 m2 e per i relativi interventi di ristrutturazione edilizia, l'installazione o la predisposizione all'allaccio di infrastrutture elettriche per la ricarica dei veicoli idonea a permettere la connessione di una vettura da ciascuno spazio a parcheggio coperto o scoperto e da ciascun box per auto, siano essi pertinenziali o no. Le infrastrutture, anche private, destinate alla ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica costituiscono opere di urbanizzazione primaria realizzabili in tutto il territorio comunale in regime di esenzione dal contributo di costruzione. (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2014; Hadley e Tsvetkova, 2009; Andersen, Mathews e Rask 2009)
	Art.9 Illuminazione pubblica intelligente	Gli impianti di illuminazione di pertinenza del distretto degli spazi comuni del distretto dovranno essere provvisti di lampade ad alta efficienza. L'impianto sarà preferibilmente alimentato dai sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili (sistemi fotovoltaici negli stessi apparecchi illuminanti) o altri sistemi di produzione di energia ad alta efficienza (vedere l'articolo "Generazione distribuita"). Il comune incoraggerà i distretti che vogliono creare "sistemi d'illuminazione intelligente", per esempio integrando le lampade con sistemi di risparmio energetico (ad esempio sensori di presenza, regolatori di flusso luminoso, etc.). (Di Monaco et al., 2013; Rodrigues et al., 2011; Popa & Cepișcă, 2011).
	Art. 10 Generazione distribuita	Nei progetti di nuovi distretti urbani (intendendo con ciò l'insieme di nuovi edifici e degli spazi di pertinenza, degli spazi aperti comuni a più edifici e delle infrastrutture a proprio uso, tra cui rientrano edifici pubblici e non che insistano su un'area circoscritta e che siano costituiti da più fabbricati e.g. università, ospedali, centri sportivi, condomini etc.), e negli interventi di riqualificazione urbana che interessino parti di distretti già esistenti, il comune incentiverà l'inserimento di impianti di piccola taglia per la produzione di energia elettrica, termica e frigorifera in assetto cogenerativo e trigenerativo. L'efficacia di tali impianti è quella di permettere di recuperare le perdite di energia termica dovute alla generazione centralizzata di elettricità, evitano le perdite di trasmissione e aumentano l'efficienza netta sull'energia primaria utilizzata (e.g. gas naturale). Gli impianti dovranno essere integrati nel contesto del paesaggio in cui si inseriscono e dovranno essere dimensionati in modo da soddisfare più del 60% del fabbisogno energetico complessivo degli edifici a loro connessi e degli impianti di pertinenza (e.g. illuminazione di spazi aperti). Si potranno utilizzare impianti rinnovabili (e.g. impianti solari, termico ed elettrico, micro/minieolico, che però non assicurano una produzione continuativa nell'arco della giornata e che quindi dovranno essere integrati ad impianti a produzione programmabile) o impianti con un "motore primo" (e.g. microturbine a gas, motori Stirling, celle a combustibile, etc.) che se associati a macchine ad assorbimento o a compressione, fruttando l'energia termica in uscita dell'impianto primario producono energia frigorifera, permettono così la produzione congiunta di energia elettrica, calore e energia frigorifera. Le soluzioni più idonee dovranno essere valutate da tecnici qualificati e dimensionati in funzione del fabbisogno energetico delle utenze servite. Per una maggiore efficienza del sistema cogenerativo viene raccomandato l'utilizzo di un serbatoio di stoccaggio del calore. Soluzioni distrettuali che utilizzino biomassa proveniente da scarti di potatura o frazione organica di rifiuti urbani per produrre energia saranno premiati dal comune (e.g. con sconti sulla tassa relativa alla raccolta dei rifiuti solidi urbani).(Casisi, Pinamonti e Reini., 2009; Barbieri, Melino e Morini, 2012; Riva Sanseverino et al., 2014a)

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
	Art.11 Rete di distribuzione idrica intelligente	Nei nuovi distretti o in interventi di rifacimento del sistema idrico dei distretti esistenti, nei casi in cui dove vi sia una distribuzione della fonte idrica a gravità o vi siano variazioni di quota che ne possano giustificare l'utilizzo, il comune valuterà l'uso di sistemi di generazione di energia che utilizzino l'energia idrocinetica nelle condotte idriche (turbine mini idroelettriche). Questi sistemi potranno essere utilizzati nell'infrastruttura di distribuzione dell'acqua potabile e delle acque reflue, integrati per esempio con sistemi di depurazione). I sistemi tipicamente installati (valvole di sicurezza) sono valvole che possono ridurre la pressione, mantenendo la pressione preimpostata, in modo da minimizzare le sollecitazioni all'infrastruttura. In genere non svolgono un lavoro utile con la pressione dissipata, ma semplicemente la rilasciano come calore di scarto. Sistemi di recupero energetico che convertono la pressione in eccesso in elettricità, comprendono, generalmente una micro-turbina unita ad un generatore elettrico situato all'interno dell'infrastruttura idrica. In questo modo, l'energia elettrica prodotta può essere venduta alla rete elettrica o può usata direttamente nel distretto.
	Art.12 Area Wifi	Nei nuovi distretti e nel caso di riqualificazione urbana che coinvolga parti dei distretti esistenti, è obbligatorio predisporre aree all'aperto o al coperto (i.e aree in comune) - facilmente accessibili – provviste di connessione wifi. (Comune di Bologna, 2009)
	Art.13 Mobilità ed accessibilità dello spazio abitato	Nella progettazione degli aggregati degli edifici dovrà essere garantito il pieno godimento e la sostenibilità del progetto. Il progetto dovrà puntare a ridurre l'uso delle auto private e incoraggiare l'uso di mezzi alternativi di trasporto urbano (ad esempio, mobilità elettrica e mobilità dolce). Per la progettazione degli aggregati di edifici è importante introdurre una gerarchia della rete stradale sia per l'accesso al distretto che per la distribuzione interna; dovrà essere garantita la sicurezza dei luoghi urbani anche attraverso la progettazione di "isole ambientali" (zone a velocità di percorrenza ridotte, zone percorribili solo con veicoli a basso impatto, etc.); dovranno prevedersi percorsi ciclabili e pedonali. (Comune di Bologna, 2009).
	Art.14 Raccolta dei rifiuti e riciclo	Saranno premiate soluzioni che ottimizzino la raccolta dei rifiuti urbani. Nei nuovi distretti e in quelli esistenti saranno definite zone di raccolta calibrate a seconda delle dimensioni della aggregazione di edifici e dell'uso degli stessi ma in numero limitato. Il comune incentiverà soluzioni di raccolta che vedano la collaborazione degli utenti, per esempio nella gestione combinata di raccolta porta a porta, gestita all'interno dell'aggregato, e servizio comunale di raccolta che sarà però limitato ad alcuni punti di servizio al distretto (con la possibilità di accesso da parte dell'operatore comunale), secondo i regolamenti comunali locali e solo in orari prestabiliti. Nel caso di aggregazione di edifici commerciali verranno realizzati ambienti funzionali allo stoccaggio intermedio temporanea, oltre che aree di raccolta differenziata per la sezione di riciclaggio. (Comune di Bologna, 2009).
<b>LIVELLO DI EDIFICIO</b>		
<b>A.3</b>	superficie disperdente/volume a temperatura	Per tutte le categorie di edifici, per le nuove costruzioni e interventi di ristrutturazione importante sono da preferire rapporti limitati di S/V (rapporto tra superfici disperdenti, piane e verticali, verso l'esterno o verso ambienti non riscaldati rispetto al volume riscaldato), ottenibili mediante l'impiego di forme regolari e compatte. Al crescere della superficie esposta all'ambiente esterno, infatti, crescono le dispersioni di energia verso lo stesso in inverno e i guadagni termici indesiderati in estate, e al crescere del

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
		<p>volume crescono la massa e l'energia che essa può accumulare, contribuendo a smorzare le oscillazioni termiche. E' da ricordare però che una maggiore compattezza dell'involucro può rendere difficile l'illuminazione e la ventilazione degli spazi centrali, elemento questo, da tenere in considerazione nella progettazione congiuntamente alle necessità di limitazione delle dispersioni o dei guadagni termici. (Li uet al., 2015; Jin e Jeong, 2014; Pagliano et al., 2009)</p>
	<p>Art. 16 Illuminazione naturale</p>	<p>Al fine di garantirne il benessere ottico-visivo degli occupanti occorre utilizzare al meglio l'apporto di luce naturale nell'edificio. L'illuminazione artificiale deve integrarsi a quella naturale temperando le esigenze di benessere visivo con quelle di risparmio energetico. Se per conformazione planimetrica gli edifici di nuova costruzione non dispongono di sufficienti superfici di captazione diretta della luce naturale, questa può essere garantita tramite sistemi di illuminazione zenitale, ciò conformemente al regolamento di igiene del Comune . Per gli interventi su immobili di particolare pregio storico architettonico il rispetto di tale indicazione deve essere modulato con gli obiettivi di conservazione. (Gago et al., 2015; Stankovic, Kostic e Popovic, 2014; Infoenergia &amp; Department BEST, 2012)</p>
	<p>Art. 17 Isolamento termico degli edifici (involucro edilizio in regime invernale)</p>	<p>Al fine di consentire una riduzione del consumo di combustibili di origine fossile per riscaldamento invernale, per le nuove costruzioni e gli interventi di manutenzione straordinaria, è opportuno ridurre le dispersioni termiche prevedendo livelli il più possibile contenuti di trasmittanza termica per le diverse parti dell'involucro edilizio, opache e trasparenti, garantire un'opportuna massa superficiale delle pareti opache e limitare la dispersione attraverso i ponti termici. Interventi migliorativi rispetto ai parametri imposti per legge (D.Lgs n.311/2006 e successivi aggiornamenti) potranno essere premiati dal comune. (Rodriguez-Soria et al., 2014; Barrau, Ibañez e Badia, 2014; Infoenergia &amp; Dipartimento BEST, 2012; Serghides &amp; Georgakis, 2012; Vaccaro, 2014)</p>

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
	Art.18 Isolamento termico degli edifici (involucro edilizio in regime estivo)	<p>Al fine di garantire il controllo passivo del benessere termo igrometrico negli spazi interni, in particolare nel periodo estivo, occorre che le strutture dell'edificio siano in grado di attenuare e sfasare i picchi di carico termico. Inoltre è necessario che siano in grado di modulare i carichi termici interni, dovuti a esempio alla presenza di persone e agli effetti indotti da corpi illuminanti e apparecchi elettrici oltre che all'infiltrazione di aria calda esterna per l'apertura di porte, come anche alla radiazione solare diffusa attraverso chiusure trasparenti anche schermate. A tal scopo negli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione straordinaria, limitatamente alle parti dell'edificio oggetto d'intervento, è necessario adottare sistemi costruttivi massivi che conferiscono alle chiusure (tamponamenti e chiusure esterne) un adeguato comportamento in termini di inerzia termica, sfasamento e attenuazione dell'onda termica, ottenendo almeno ai limiti minimi di legge (DPR n.59/2009). Al fine di favorire la ventilazione notturna e il conseguente raffrescamento della struttura ad elevata capacità termica (particolarmente nei climi caratterizzati da elevata escursione termica giornaliera), allo scopo di rimuovere parte del calore accumulato dalla stessa durante le ore diurne, è consigliato inoltre valutare l'impiego di dispositivi di apertura automatica di bocchette o finestre, o di aperture protette a livelli elevati, oltre che la progettazione degli spazi interni favorisca il movimento dell'aria, ciò al fine di mantenere le temperature interne sensibilmente al di sotto delle temperature ambientali esterne durante il periodo estivo. Nelle nuove costruzioni e le ristrutturazioni, l'energia termica per il raffreddamento in estate deve essere compresa tra 40-30 kWh/m<sup>2</sup> per anno (DPR n.59/2009). La maggiore o minore efficienza dei sistemi deve tuttavia essere verificata con riferimento alle caratteristiche climatiche locali del sito in cui risiede il Comune. (Ballarini e Corrado, 2012; Brun et al., 2013; Ramponi, Angelotti e Blocken, 2014; UNI EN ISO 13786: 2008; Infoenergia &amp; Dipartimento BEST, 2012; Serghides e Georgakis, 2012; Zangheri, Pagliano e Carlucci, 2009; Cresme Ricerche, 2012)</p>
	Art.19 Prestazione dei serramenti e controllo del soleggiamento	<p>Al fine di favorire il risparmio energetico, occorre adottare soluzioni integrate che, contemporaneamente, controllino il soleggiamento estivo, favoriscano il soleggiamento invernale e ottimizzino le prestazioni passive degli edifici. A tal scopo negli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione o di manutenzione straordinaria che interessino anche solo la sostituzione dei serramenti, è necessario garantire almeno il valore limite di trasmittanza dei serramenti indicato dalla normativa vigente (valori migliorativi possono essere premiati dal comune). Risulta inoltre obbligatorio l'uso di sistemi schermanti che dovranno essere congrui con l'orientamento della facciata su cui vengono installati (questi potranno essere verticali o orizzontali, fissi o mobili), in modo che nel periodo estivo la parte soleggiata delle superfici trasparenti a sud, est e ovest, sia uguale o inferiore al 30% delle stesse. Ove non fosse possibile ciò per motivi di rilevanza architettonica si dovrà supplire alla mancanza attraverso l'utilizzo di tecnologie innovative, quale l'uso di vetrocamera selettivi. (ISO 13790, 2008; ISO 15099, 2003; Stazi et al., 2014; Bellia et al., 2014; Jaber e Ajib 2011; Comune di Bari, 2012; Dama e Pagliano, 2005)</p>



Aree tematiche	Articoli	Requisiti
	Art.20 Prestazione delle coperture	Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a demolizione e ricostruzione totale in ristrutturazione, per gli interventi di manutenzione straordinaria delle coperture continue e discontinue con rifacimento totale del manto, nel caso in cui la copertura sia a falda e a diretto contatto con un ambiente accessibile (ad esempio sottotetto, mansarda, ecc.), si dovranno prediligere soluzioni di tipo ventilato o prestazionalmente equivalenti, per ridurre le temperature superficiali estive delle coperture e la quantità di energia trasferita all'interno dell'edificio. Allo scopo di ridurre l'effetto isola di calore, sarà da preferire l'utilizzo di finiture superficiali di colore chiaro, rivestimenti con alto potere riflettente o la realizzazione di tetti verdi. (Gao et al., 2014; Santamouris, 2014; Berardi, GhaffarianHoseini e GhaffarianHoseini, 2014; Raji, Tenpierik e van den Dobbelsteen, 2015; Gagliano et al., 2015)
	Art.21 Utilizzo di sistemi di raffrescamento passivo	Negli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione globale al fine di favorire il risparmio energetico, garantendo la climatizzazione estiva in modo naturale e migliorando il benessere negli spazi interni, occorre adottare, ove possibile, soluzioni che permettano di sfruttare la differenza di temperatura tra fronti opposti creando ventilazione passante (come per esempio la realizzazione di finestre a nord e a sud) e prevedere una organizzazione dei locali interni che non ostacoli i flussi d'aria diretti dalle aperture sopravento a quelle sottovento. La ventilazione deve essere massima durante il giorno, durante la stagione estiva, nelle aree più utilizzate dagli abitanti e il flusso d'aria deve lambire le pareti più massicce, cioè quelle che accumulano la maggior parte del calore. Qualora l'intervento renda possibile l'utilizzo di vasche d'acqua in prossimità delle aperture dell'edificio, è da sfruttare il potenziale di raffreddamento associabile all'acqua in evaporazione. (Santamouris e Kolokotsa, 2013; Pagliano et al., 2009; Ford, Schiano-Phan e Zhongcheng, 2007; Causone et al., 2014)
	Art.22 Controllo della temperatura interna	Ai fini del benessere termoigrometrico e del contenimento dei consumi energetici occorre che siano garantiti adeguati livelli di temperatura dell'aria negli spazi interni degli edifici. Fatte salve le eventuali deroghe previste dalla normativa vigente, nel periodo di funzionamento dell'impianto di riscaldamento la temperatura dell'aria interna ( $T_i$ ) per gli spazi chiusi per attività principale e secondaria deve essere: $18^{\circ}\text{C} < T_i < 22^{\circ}\text{C}$ ; non deve inoltre presentare, misurata lungo la verticale dell'ambiente (retta ideale pavimento soffitto), differenze superiori a $2^{\circ}\text{C}$ . La temperatura operante ( $T_{op}$ ) per gli usi abitativi deve essere intorno ai $20^{\circ}\text{C}$ in inverno e sotto i $26^{\circ}\text{C}$ nel periodo estivo. (Decreto legislativo n.59/2009; EN 15232: 2012; Causone et al., 2014).

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
<b>A.4</b>	Art.23 Produzione di calore ad alto rendimento, impianti termici centralizzati, contabilizzazione e termoregolazione	Negli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione globale o di solo intervento riguardante l'intero sistema impiantistico di riscaldamento è necessario garantire il livello più elevato possibile di rendimento medio stagionale dell'impianto termico (livelli maggiori rispetto a quelli imposti per legge potranno essere incentivati dal comune) e prevedere impianti centralizzati, negli edifici con più abitazioni; utilizzare impiantistica ad alta efficienza (caldaie a condensazione, impianti di micro cogenerazione, pompe di calore a compressione e ad assorbimento) che risponda almeno ai requisiti prestazionali previsti dalla normativa vigente; materiali, dispositivi e prodotti per la riduzione delle dispersioni energetiche delle tubazioni degli impianti termici o per un miglior rendimento della diffusione finale del calore. Ove tecnicamente possibile è obbligatoria la realizzazione di impianto che permettano la contabilizzazione e la termoregolazione del calore per singola unità abitativa ed eventualmente anche per singoli locali o zone termiche. (Causone et al., 2014; Li, Miao e Shi 2014; Klobut, 2013; Barthel e Franke, 2012; Direttiva 2009/125/EC).
	Art.24 Sistemi a bassa temperatura	Al fine di ottimizzare l'utilizzo di generatori ad alta efficienza per il riscaldamento invernale è suggerito l'utilizzo di sistemi di erogazione a bassa temperatura (pannelli radianti integrati nei pavimenti, nelle pareti o nelle solette dei locali da climatizzare, ventil-convettori). I sistemi radianti possono anche essere utilizzati come terminali di impianti di climatizzazione purché siano previsti dei dispositivi per il controllo dell'umidità relativa (cioè per limitare il rischio di condensa sulla superficie fredda e per ottenere una condizione di benessere; come raccomandato dalla norma UNI EN 7730, l'umidità relativa non deve superare il 60 al 65% per garantire una sensazione di comfort). L'installazione di sistemi radianti a pavimento o a soffitto in edifici esistenti non deve compromettere il raggiungimento delle altezze minime dei locali previste dalla normativa vigente. (Zhou e He, 2015; Cholewa et al., 2013; Maivel e Kurnitski, 2014; Hesarakı e Holmberg, 2013; ILETE, 2010)
	Art.25 Sistemi di ventilazione meccanica	Al fine di garantire adeguate condizioni d'igiene, salubrità e benessere ambientale, la ventilazione degli spazi chiusi costituisce condizione essenziale. Ove non sia efficace il sistema di ventilazione naturale, e obbligatoriamente negli edifici ad uso pubblico, è necessario installare dispositivi di ventilazione meccanica che permettano di controllare il grado di umidità relativa oltre che contenere gli effetti della condensa del vapore ed evitare la formazione di colonie microbiche, ciò permette di garantire adeguati livelli di benessere igrotermico e limitare i fabbisogni di climatizzazione estiva. (Zangheri, Pagliano e Carlucci, 2009; UNI EN 15251).

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
	Art.26 Impianti di solare termico	<p>Per gli edifici di nuova costruzione, per quelli esistenti soggetti a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria, e per quelli soggetti a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro è obbligatorio soddisfare tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria, tale prescrizione è da soddisfare in maniera prioritaria tramite impianti solari termici (Dlgs 28/2011). E' preferibile che i collettori solari siano installati su tetti piani o su falde e facciate esposte a Sud, Sud-est, Sud-ovest, Est e Ovest, fatti salvi impedimenti di natura morfologica, urbanistica, e di tutela paesaggistica. Nel caso di coperture piane i pannelli captanti potranno essere installati con l'inclinazione ritenuta ottimale, è preferibile che questi non siano visibili dal piano stradale sottostante ed è obbligatorio che l'impianto venga realizzato assicurando il rispetto della coerenza formale dell'edificio e minimizzando l'impatto visivo sugli edifici. E' consentita l'installazione sulla copertura dell'edificio e sulle facciate solamente se concepiti come elementi funzionalmente integrati nella facciata. Ove le condizioni lo permettano, sarà premiato dal comune l'integrazione di tale impianto con quello preposto al riscaldamento dell'edificio. Per il collegamento dell'impianto alle singole utenze devono essere predisposti opportuni cavedii o vani. Se l'ubicazione dell'edificio rendesse tecnicamente impossibile l'installazione degli impianti solari termici o il completo soddisfacimento dell'obbligo si dovrà provvedere all'integrazione energetica con fonte rinnovabile differente.</p> <p>Negli edifici di nuova costruzione e in quelli esistenti (pubblici e privati) in cui in cui è prevista la completa sostituzione dell'impianto di raffrescamento sarà possibile considerare la progettazione e l'installazione di impianti di solar cooling, (solare termico associato a macchina frigorifera ad assorbimento) al fine di realizzare impianti di raffrescamento ad energia rinnovabile. (La Gennusa et al., 2011; Matuska e Sourek, 2006; Costantino et al., 2013).</p>
	Art.27 Utilizzo di impianti a fonti rinnovabile	<p>Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti è obbligatorio installare una potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, almeno pari a quella obbligatoria per legge (Dlgs 28/2011) saranno premiate da parte del comune soluzioni che permettano una copertura quasi totale dei bisogni dell'edificio tramite tali impianti. Per l'utilizzo di impianti fotovoltaici sono valide le stesse indicazioni di integrazione architettonica menzionate all'articolo precedente. I progetti di edifici di nuova costruzione e di ristrutturazioni rilevanti su edifici esistenti che assicurino una copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento in misura superiore di almeno il 30% rispetto ai valori minimi obbligatori di cui all'allegato 3 del D.lgs 28/2011, beneficiano, in sede di rilascio del titolo edilizio, di un bonus volumetrico del 5 %. E' consentita l'installazione di impianti di utilizzanti la risorsa geotermica, idroelettrica o eolica a patto che siano conformi ai parametri urbanistici e paesaggistici vigenti all'interno del comune. (La Gennusa et al., 2011)</p>

Aree tematiche	Articoli	Requisiti
A.5	Art.28 Sistemi di automazione (BAC)	L'efficienza energetica dell'edificio può essere migliorata attraverso l'uso di sistemi di automazione per il monitoraggio, il controllo e l'automazione delle apparecchiature installate negli edifici. Nel caso di nuovi edifici pubblici o edifici pubblici sottoposti a ristrutturazioni importanti, è obbligatorio valutare l'efficienza dell'adozione di sistemi di "Building Automation", secondo i criteri di efficienza di cui alla norma europea EN 15232. La mancanza di efficacia e l'adozione di tali sistemi deve essere giustificata da un tecnico competente. Negli stessi casi in edifici ad uso abitativo si suggerisce l'adozione di tali sistemi o la fornitura di servizi in vista di una futura integrazione. Negli edifici residenziali il raggiungimento del livello "A" della efficienza BACS di cui alla norma EN 15232, avrà accesso ad alcuni incentivi stabiliti dall'Amministrazione. (Ippolito et al., 2014; Parise e Martirano, 2009; Causone et al., 2014).

La tabella sopra è indicativa dei contenuti che possono essere inseriti in un Allegato Energetico. Indicazioni progettuali e operative più dettagliate forniranno uno strumento più efficace e di facile attuazione. Sarà compito dell'Amministrazione, sulla base di parametri climatici e il contesto urbano e alle politiche di governance definire ulteriori specifiche tecniche.

Gli articoli relativi al distretto hanno lo scopo di esplicitare le politiche comunali di sviluppo del territorio a lungo termine. Molte delle azioni inserite, infatti, presuppongono una gestione congiunta dell'Amministrazione e dei cittadini (o di un loro rappresentante di distretto).

## Capitolo 9 - L'analisi delle prestazioni energetiche degli edifici come strumento base per la definizione di Regolamenti Edilizi Sostenibili

**Sommario-** La comprensione del rendimento energetico degli edifici di un intero comune o un intero distretto è il primo passo per sviluppare strategie di pianificazione energetica sostenibile che accelerino il processo di rinnovamento energetico degli edifici esistenti, soprattutto se queste sono rivolte ad integrare l'ambito dell'edilizia all'interno di una visione multisettoriale dei consumi del territorio in un'ottica di pianificazione e gestione *smart* (per esempio attraverso la redazione di Regolamenti Edilizi sostenibili). A tal fine, tanti sono gli studi che hanno avuto lo scopo di classificare stock di edifici esistenti da un punto di vista energetico e di stimarne i consumi. Con l'intento di indagare tali metodologie e definire, in linea generale, un metodo d'analisi e clusterizzazione dello stock che utilizzi dati di facile reperibilità per l'Amministrazione Comunale, il capitolo, espone una panoramica sulla letteratura in tal ambito, riporta un'analisi relativa al confronto tra dati di consumo stimati e misurati, propone una metodologia di analisi e classificazione dell'edilizia residenziale esistente e alcuni casi applicativi contestualizzati all'edilizia Siciliana.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Peri, G., Rizzo, G., Scaccianoce, G., Vaccaro, V. (in fase di revisione). Reliability of a simplified Italian standard –based calculation tool for the estimation of building energy consumption and performance classification. *Energies*.
- Filogamo, L., Rizzo, G., Scaccianoce, G., Vaccaro, V. (2016, April). Analisi delle prestazioni energetiche degli edifici residenziali sulla base del confronto tra dati di consumo calcolati e misurati. In *16th CIRIAF National Congress, Sustainable Development, Human Health and Environmental Protection*.
- Ferrante, P., La Gennusa, M., Peri, G., Porretto, V., Riva Sanseverino, E., Vaccaro, V. (2016, June). On the architectural and energy classification of existing buildings: a case study of a district in the city of Palermo. In *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2016 IEEE 16th International Conference on* (pp. 379-384). IEEE.

### 9.1 Introduzione

Il settore dell'edilizia rappresenta uno dei settori più energivori al mondo. Gli edifici, infatti, utilizzano circa il 40% dell'energia mondiale, sono responsabili del 25% del consumo d'acqua globale e del 40% delle risorse, generando emissioni di gas serra pari ad 1/3 delle emissioni globali (United Nations Environment Programme, 2015).

La stessa percentuale di consumi viene confermata anche a livello Europeo dove il patrimonio edilizio esistente è responsabile di oltre il 40% del consumo finale di energia, dei quali il 63% si riferisce a edifici residenziali che rappresentano il 75% del patrimonio edilizio totale nell'UE27 (De Boeck, Audenaert e De Mesmaeker, 2013).

In termini di usi energetici finali, a livello europeo, la quota di consumo di energia negli edifici residenziali è data approssimativamente dal 68% per il riscaldamento, il 17% per gli apparecchi elettrici e d'illuminazione, il 9% per la produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS) e il 6% per uso cottura (Filogamo et al, 2014).

La proliferazione del consumo di energia e delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'ambiente del settore dell'edilizia ha fatto sì che le strategie di efficienza e di risparmio energetico siano diventate, già da tempo, un obiettivo prioritario per le politiche energetiche in molti paesi. Un chiaro esempio è la Direttiva Europea sul rendimento energetico, EPBD (European Parliament, 2002) successivamente implementata, EPBD Recast (European Parliament, 2010), che consiste in una raccolta di principi e obiettivi generali mirati ad aumentare sostanzialmente gli investimenti in misure di efficienza energetica negli edifici dell'UE, sia residenziali che non residenziali.

Tali indirizzi vengono declinati a livello nazionale, regionale ed anche locale attraverso norme e regolamenti che portano le amministrazioni comunali a dover aggiornare i propri strumenti regolatori (Chandel, Sharma, e Marwaha, 2016; Vermande e van der Heijden, 2011).

Il coinvolgimento diretto degli enti locali comunali è una delle misure operative portate avanti dalla Commissione Europea con lo scopo di velocizzare il cambiamento che porti allo sviluppo di contesti urbani a basso impatto ambientale secondo quelli che sono i contenuti della *European Strategy for Energy and Climate Change*.

Quindi, se da un lato le Amministrazioni Comunali si trovano a essere coinvolte nel raggiungimento degli obiettivi comunitari al 2020 ed oltre, dall'altro, soprattutto in Italia, è necessario fornire metodi e strumenti per permettere di applicare concretamente un cambio di vedute nei vari settori di pianificazione territoriale, tra i quali rientra quello dell'edilizia.

La comprensione del rendimento energetico degli edifici di un intero comune o un intero distretto è il primo passo per sviluppare strategie di pianificazione energetica sostenibile che accelerino il processo di rinnovamento energetico degli edifici esistenti (Galante e Torri, 2012).

L'obiettivo di questo capitolo è quello di esporre una metodologia d'analisi macroscopica, al contempo energetica ed architettonica per l'edilizia esistente.

I punti cardine della metodologia proposta sono quello di sviluppare un metodo che permetta una valutazione macroscopica dei consumi energetici del parco immobiliare, che sia di facile applicazione per gli Amministratori comunali (utilizzo di dati già presenti nei database comunali, Attestati di Prestazione Energetica, APE e di software di valutazione dei consumi facilitati, UNITS 11300) e che leghino i parametri architettonici a quelli energetici, in modo da facilitare la transizione da un

approccio di regolamentazione all'ambito dell'edilizia prettamente urbanistico-architettonico ad uno anche energetico.

Attraverso un'analisi sperimentale (campione di edifici del parco immobiliare Siciliano):

- Si valuterà lo scostamento tra i consumi stimati attraverso l'applicazione dello strumento DOCET (assunto come riferimento nella metodologia proposta in quanto riferimento in Italia per la definizione degli APE) e i consumi stimati attraverso la UNITS11300 e l'applicazione standardizzata del software DesignBuilder; oltre che lo scostamento tra dati di consumo stimati con il DOCET e dati misurati dalle bollette energetiche;
- Si valuterà l'influenza di alcuni parametri architettonici, geometrici ed energetici sui consumi finali degli stessi edifici;
- Si presenterà un caso studio di applicazione della metodologia al parco immobiliare di un quartiere di Palermo, con lo scopo di giungere ad una caratterizzazione degli "archetipi energetico-architettonici" presenti nel quartiere attraverso l'analisi di pochi dati energetici e geometrici.

La semplicità della procedura individuata fa sì che questa possa essere duplicata anche per altri campioni di edifici.

Inoltre la struttura del database costituito per la fase di analisi, può essere facilmente integrato con strumenti WEBGIS, permettendo agli Amministratori ed eventualmente ai cittadini una facile visualizzazione dei dati in modo da poter caratterizzare, a livello macroscopico e attraverso una procedura rapida e poco costosa, i vari contesti urbani.

## **9.2 Analisi delle prestazioni energetiche sulla base del confronto tra dati di consumo calcolati e misurati**

Al fine di fornire alle Amministrazioni Comunali uno strumento che ponga le basi per valutare il potenziale di risparmio di eventuali politiche d'efficienza energetica sull'edilizia esistente, si è scelto di analizzare un campione di edifici del comparto residenziale della Regione Siciliana, rispetto al quale valutare con occhio critico l'attendibilità dei risultati ottenuti dalla stima dei consumi energetici mediante l'applicazione del software DOCET<sup>114</sup>, attraverso il confronto degli stessi

---

<sup>114</sup>DOCET strumento semplificato di simulazione dei consumi energetici degli edifici residenziali, sviluppato da ENEA e ITC-CNR Disponibile on-line: [www.docet.itc.cnr.it](http://www.docet.itc.cnr.it) . Istruzioni per l'uso di DOCET v.3.3 disponibile on-line: <https://it.scribd.com/doc/302915645/Manuale-Utente-Docet-v3-3>

con i valori stimati dall'applicazione dello standard normativo UNTS 11300, del software Design Builder<sup>115</sup> e dei consumi reali valutati dalle bollette energetiche.

Il rendimento energetico dell'edificio fornito da DOCET si riferisce ad un uso standard dello stesso. Al contempo, però, i dati di consumo sugli edifici esistenti elaborati con il software DOCET, costituiscono il database energetico della maggiorparte dei comuni italiani (DOCET infatti è il software più utilizzato per l'elaborazione degli APE per residenziale in Italia). A questo proposito, ci si chiede quanto e come le Amministrazioni comunali possano utilizzare questi dati per effettuare valutazioni preliminari di pianificazione e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

Allo scopo di evidenziare le possibili differenze tra una valutazione dei consumi energetici standardizzati e i consumi reali, il presente paragrafo mostra i risultati di una ricerca sperimentale su un campione di 25 edifici della Regione Siciliana che presentano caratteristiche diverse dal punto di vista geometrico, costruttivo e/o impiantistico.

E' stata inoltre proposta una possibile categorizzazione degli edifici esistenti sulla base dei consumi energetici e delle caratteristiche geometriche ed architettoniche, allo scopo di individuare parametri d'analisi che possano essere di riferimento per effettuare valutazioni di risparmio energetico a larga scala

Si è scelto di porre i consumi stimati con il software DOCET alla base di tale valutazione, proprio perché, nella maggior parte dei casi, costituiscono gli unici dati energetici a disposizione delle Amministrazioni Comunali grazie agli obblighi di formulazione dell'attestato di certificazione energetica (poi attestato di prestazione energetica) introdotti dal D.M 26/6/2009 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2009) e confermati dalle successive integrazioni.

La stima dei consumi, per ragioni di semplicità di calcolo ha riguardato solo l'uso di energia per riscaldamento.

### ***9.2.1 Gli strumenti analizzati per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici***

Di seguito si porta una breve analisi degli strumenti di simulazione dei consumi energetici degli edifici utilizzati.

#### ***DOCET***

Tra gli strumenti di simulazione basati sullo standard italiano per la valutazione dei requisiti energetici per la climatizzazione di edifici (UNI TS 11300 parti da 1 a 6) che sono in grado di eseguire la certificazione energetica degli edifici vi è il software DOCET.

---

<sup>115</sup> DesignBuilder software di simulazione dei consumi energetici degli edifici disponibile online: <http://www.designbuilder.co.uk>



DOCET è uno strumento di calcolo semplificato caratterizzato da un ambiente di modellazione *user-friendly*. A causa di ciò e per il fatto che è un software freeware, è lo strumento di simulazione energetica principalmente utilizzato dai tecnici in Italia.

Il software è stato sviluppato dall'Istituto Italiano per l'Energia e l'Ambiente (ENEA) e dall'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) del Centro Nazionale delle Ricerche (CNR), con l'obiettivo unico di fornire ai tecnici uno strumento, di facile utilizzo, per la certificazione energetica degli edifici. Il software, che applica la normativa UNI TS 11300, è stato recentemente aggiornato, e può essere utilizzato solo per edifici residenziali esistenti con una superficie utile uguale o inferiore a 200 m<sup>2</sup>.

DOCET è uno strumento di simulazione semi-statica semplificata su base mensile. Il motore di calcolo è, come detto, basato sulla UNI TS 11300. Inoltre il rendimento energetico dell'edificio fornito da DOCET si riferisce ad un uso standard dell'edificio.

La struttura dello strumento è suddivisa in quattro moduli di calcolo: "Involucro" per il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio; "Impianti" per il calcolo del consumo di energia primaria; "Raccomandazioni"; e "Attestato di Prestazione Energetica" (APE). I dati di ingresso riguardano le caratteristiche di involucro e impianto e possono essere inseriti numericamente (dato rilevato dal tecnico che compila l'APE) o facendo riferimento a parametri standardizzati degli elementi costruttivi ed impiantistici. La semplicità dello strumento non permette di valutare sistemi multi-generativi.

I dati climatici utilizzati fanno riferimento alla UNI10349 per il riscaldamento e calcolo raffreddamento.

### ***UNI TS 11300: la normativa tecnica Italiana per la valutazione degli usi energetici dell'edificio***

Le "UNI TS 11300" sono state sviluppate con l'obiettivo di fornire una metodologia di calcolo unica per valutare le prestazioni energetiche degli edifici in particolare il fabbisogno di energia termica e il consumo di energia primaria.

La normativa tecnica è divisa in sei parti:

- Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale (UNI TS 11300-1, 2014);
- Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali (UNI TS 11300-2, 2014);
- Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva (UNI TS 11300-3, 2010);
- Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria (UNI TS 11300-4, 2012);

- Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili (UNI TS 11300-5, 2016);
- Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili (UNI TS 11300-6, 2016).

La normativa tecnica, su edifici esistenti, può essere applicata per valutazioni *standard* o *adattata all'utenza*. Le differenze tra i due modelli fanno riferimento ai dati in ingresso utilizzati. Nel caso di utilizzo della normativa per scopi di certificazione energetica, però, la valutazione da effettuare è quella *standard* che considera dati d'uso e climatici standard e dati di edificio reali, la valutazione, quindi, in tal caso fornisce un consumo energetico stimato dell'edificio. Al contrario, nel secondo caso, viene modellato il profilo d'uso reale dell'edificio fornendo, quindi, un consumo energetico quanto più simile al reale.

Si sottolinea che, quando è stata condotta la parte dello studio riguardante l'applicazione della norma UNI TS 11300 per il caso-studio (cioè nel 2014), la versione aggiornata delle prime 4 parti della normativa non erano ancora state rilasciate, come anche le parti 5 e 6. Pertanto, gli algoritmi che sono stati utilizzati per la stima dei consumi degli edifici del campione, applicando la UNI TS 11300 in valutazione standard, sono quelli indicati nella norma UNI TS 11300: 2008 parte 1, UNI TS 11300: 2008 parte 2 e UNI TS 11300: 2012 parte 4 che è stata utilizzata per quegli edifici con sistemi di produzione da fonti energetiche rinnovabili.

La parte 1 della UNI TS 11300 definisce l'applicazione nazionale della normativa europea ISO 13790 riguardo al bilancio energetico mensile per il calcolo della domanda di energia termica per riscaldamento.

Il bilancio energetico viene effettuato su base mensile, omettendo l'analisi dettagliata delle variazioni delle prestazioni termiche dei sistemi edilizi nell'arco della giornata, salvo l'utilizzo di parametri di prima approssimazione che solo indirettamente riconducono ad effetti dinamici. Inoltre, è stato condotto considerando temperature medie mensili, mentre i fabbisogni annui sono stati calcolati come somma dei fabbisogni mensili. Anche i flussi termici sono stati considerati in maniera semplificata, cioè di tipo monodimensionale, e gli effetti dovuti alla presenza dei ponti termici sono stati considerati in maniera forfettaria attraverso coefficienti d'incremento della trasmittanza termica dei componenti edilizi. Gli effetti dinamici di accumulo e rilascio termico da parte delle strutture sono stati considerati in maniera semplificata attraverso il fattore di utilizzazione ( $\eta_{H,gn}$ , [-]) degli apporti termici che dipendono dalla capacità termica interna delle strutture edilizie e che permettono di considerare, con maggior dettaglio, il comportamento energetico dell'edificio.

Il fabbisogno di calore per riscaldamento di un edificio dipende dai flussi termici dispersi e guadagnati attraverso i componenti opachi e vetrati, la cui geometria e

tipologia, caratterizza fortemente gli edifici appartenenti ad una determinata epoca costruttiva oltre che lo stile architettonico di una determinata regione.

Il fabbisogno di energia termica utile dell'edificio per il riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ , [Wh]) è stato calcolato con la seguente equazione (UNI TS 11300-1:2008):

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{H,gn} \quad (1)$$

dove  $Q_{H,ht}$  [Wh], è lo scambio termico totale dell'edificio (equazione 2), che comprende lo scambio termico per trasmissione ( $Q_{H,tr}$ , [Wh]) e ventilazione ( $Q_{H,ve}$ , [Wh]);  $Q_{H,gn}$  ([Wh]) sono gli apporti termici (equazione 3), che comprendono guadagni di calore solare ( $Q_{sol}$ , [Wh]) ed interni ( $Q_{int}$ , [Wh]); mentre  $\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici, che tiene conto degli effetti dell'accumulo termico e del rilascio da parte dell'involucro dell'edificio. Come osservato, il fabbisogno di energia termica dell'edificio è stimato utilizzando un modello di trasferimento di calore semi-statico con tutti i flussi termici considerati unidimensionali.

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad (2)$$

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (3)$$

La domanda termica totale di energia dell'edificio per il riscaldamento riferita all'intero anno, si ottiene semplicemente sommando tutti i fabbisogni di calore mensili, (secondo l'equazione 1) delle zone di calcolo servite dallo stesso impianto.

La parte 2 della UNI TS 11300, invece indica come calcolare l'energia primaria necessaria all'edificio per il servizio di riscaldamento invernale. L'equazione 4 mostra il calcolo del fabbisogno di energia termica effettivo per riscaldamento ( $Q_{H,r}$ , [Wh]) per una data zona termica, che è pari alla somma delle perdite di calore dei vari sottosistemi impiantistici e del fabbisogno di energia termica utile dell'edificio. Il calcolo viene eseguito secondo la seguente equazione.

$$Q_{H,r} = Q_{H,nd} + Q_{l,e} + Q_{l,rg} + Q_{l,dx} + Q_{l,gn} - Q_{aux,e} \quad (4)$$

dove  $Q_{l,e}$  [Wh], sono le perdite del sottosistema di emissione;  $Q_{l,rg}$  [Wh], sono le perdite del sottosistema di controllo della temperatura;  $Q_{l,dx}$  [Wh], sono le perdite del sottosistema di distribuzione;  $Q_{l,gn}$  [Wh], sono le perdite del sottosistema di generazione e  $Q_{aux,e}$  [Wh], è l'energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione.

Il fabbisogno di energia primaria dell'edificio per il riscaldamento invernale ( $Q_{H,p}$ , [Wh]), nel caso in cui non vi siano sistemi che utilizzano energie rinnovabili, viene, quindi, calcolato come segue (equazione 5).

$$Q_{H,p} = \sum Q_{H,r,i} * f_{p,i} + (Q_{H,aux}) * f_{p,el} \quad (5)$$

dove  $Q_{H,r,i}$  [Wh], è il fabbisogno di energia ottenuto da ciascun vettore energetico, come combustibili, energia elettrica etc.;  $f_{p,i}$  è il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico  $i$ ;  $Q_{H,aux}$  [Wh] è il fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari dell'impianto di riscaldamento e  $f_{p,el}$ <sup>116</sup> è il fattore in energia primaria dell'energia elettrica.

Come si può vedere, il calcolo del consumo energetico dell'edificio si basa sulla richiesta di calore e sulla stima delle perdite di calore che si verificano nelle varie sezioni del sistema impiantistico (sottosistemi: emissione, regolazione, distribuzione e generazione). La determinazione delle perdite per ogni sottosistema viene eseguito, secondo lo standard, attraverso la determinazione dell'efficienza di ogni sottosistema. Questa efficienza, a sua volta, può essere stimata attraverso l'utilizzo di tabelle e prospetti fornite nella norma stessa (in base alla tipologia del sottosistema e dei suoi parametri specifici) o mediante procedure analitiche.

Nel caso di edifici residenziali, il tempo di funzionamento dell'impianto di riscaldamento coincide con il periodo di riscaldamento e, nella valutazione standard, viene considerato continuativo.

### ***DesignBuilder: strumento di simulazione dinamica***

Allo scopo di confrontare i dati stimati con un modello quasi statico con uno invece dinamico, la stima dei consumi è stata eseguita anche con il software Design Builder<sup>117</sup>. Questo è uno strumento di simulazione energetica dell'edificio che applica una simulazione dinamica. Il motore di simulazione di DesignBuilder è EnergyPlus<sup>118</sup> (Crawley et al., 2001; Sailor, 2008; Peri et al., 2016), uno dei software più avanzati e ampiamente utilizzati per modellazione energetica degli edifici.

EnergyPlus è una combinazione di altri due programmi di simulazione di energetica, vale a dire BLAST (Building Systems Laboratory, 1999) e il DOE-2 (Winkelmann et al., 1993), il cui sviluppo è stato sostenuto dal governo degli Stati Uniti per più di venti anni. Nonostante si sviluppi sulla base di questi due programmi, Energy Plus, rappresenta uno strumento nuovo.

Un modello di simulazione strutturato attraverso DesignBuilder è organizzato attraverso una semplice gerarchia: sito, edificio, blocco, zona, superfici, aperture. L'edificio può essere modellato attraverso un modello 3D; a cui, per ogni elemento costruttivo sono collegati i dati termo fisici necessari alla simulazione energetica.

---

<sup>116</sup> I fattori di conversione in energia primaria vengono definiti dalle autorità competenti, il loro valore è quindi suscettibile di cambiamento di anno in anno.

<sup>117</sup> DesignBuilder software di simulazione dei consumi energetici degli edifici disponibile online: <http://www.designbuilder.co.uk>

<sup>118</sup> EnergyPlus: software disponibile in: <https://energyplus.net/>

I dati del modello sono inseriti in schede. L'impostazione dei dati termo fisici dell'edificio avviene attraverso modelli (database di dati tipici e generici), che vengono messi a disposizione degli utenti e che gli stessi possono selezionare e /o modificare per meglio modellare il loro caso di studio. La grande quantità di dati che possono essere inseriti nella modellazione, permette di definire molto dettagliatamente le caratteristiche dell'edificio oggetto di studio sia da un punto di vista di involucro che impianto (Heating, Ventilating and Air Conditioning systems, HVAC), consentendo di dimensionare i sistemi di riscaldamento e raffreddamento, oltre che il profilo d'utilizzo (nella scheda "Attività" l'utente può definire l'utilizzo delle zone; la densità di occupazione (abitanti/m<sup>2</sup>), il profilo di occupazione, il tasso metabolico (selezionando un modello che descrive l'attività svolta dagli occupanti), la quantità di acqua calda sanitaria giornaliera consumata per unità di superficie (l/giorno m<sup>2</sup>), il set point di temperatura in inverno e in estate, la presenza di computer e apparecchiature etc.).

Tra gli output di calcolo ci sono il consumo annuo di energia, le temperature massime estive e il dimensionamento dei componenti HVAC.

### ***Bollette energetiche***

La stima del consumo reale medio di energia primaria degli edifici del campione è stato desunto anche dall'elaborazione dei dati relativi alle bollette energetiche bimestrali per i vettori energia elettrica e gas metano, raccolte per ogni edificio e riferite agli ultimi tre anni di consumo (2013÷2016).

I coefficienti impiegati per convertire i dati di bolletta in valori di energia primaria sono quelli validi a livello nazionale e forniti dall'Autorità per l'energia elettrica ed il gas, riferiti all'anno 2014<sup>119</sup>.

Specificatamente:

- per il gas naturale, 1 m<sup>3</sup> di gas metano = 9,8 kWh di energia primaria (essendo 1000 Nm<sup>3</sup> gas naturale = 0,82 tep) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006);
- per l'energia elettrica, 1 kWh di energia elettrica = 2,17 kWh di energia primaria (essendo il fattore di conversione dei kWh in tep pari a 0,187 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh) (Autorità dell'Energia Elettrica ed il Gas, 2008).

Chiaramente, il valore energetico così determinato fornisce il consumo energetico reale dell'edificio in quanto le fatture riflettono il profilo reale d'utilizzo.

Inoltre, in presenza di edifici con un impianto combinato autonomo (cioè con un singolo generatore sia per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria), i valori indicati nelle fatture sono state ridotte di una certa quantità al fine di valutare solo la parte di riscaldamento. In questo caso, è stato determinato un consumo medio annuale di gas per la produzione di acqua calda sanitaria semplicemente moltiplicando la media dei valori bimestrali indicati nelle fatture nei mesi fuori dal

---

<sup>119</sup> I presenti dati sono stati oggetto di aggiornamento durante il periodo di dottorato.

periodo di riscaldamento convenzionale e il numero di mesi di un anno. Questo valore è stato quindi sottratto al consumo totale di energia per il vettore gas. I consumi per gas ad uso cottura sono stati invece sottratti utilizzando i prospetti pertinenti riportati nella norma UNI TS 11300: 2008 parte 2.

Non essendo disponibili dati relativi al comportamento degli utenti per i 25 edifici la stima dei consumi per riscaldamento è stata effettuata secondo quanto mostrato in Tab. 11.

*Tabella 11. Tipo di valutazione effettuata, nel presente studio, per mezzo degli strumenti di calcolo selezionati*

UNI TS 11300	DOCET	DesignBuilder	Bollette
Standard	Standard	Standard*	Reale sulla base dell'utenza

\*Un profilo d'occupazione standardizzato definito sulla base dell'utilizzo statisticamente condiviso degli edifici ad uso residenziale è modellizzato su base orari ed assunto per tutti gli edifici del campione.

Per l'applicazione della norma UNI TS 11300 e la stima con il software DOCET è stato applicata una valutazione standard dei profili d'utilizzo (è stato considerato un funzionamento continuativo degli impianti durante l'intero periodo di riscaldamento desunto sulla base delle specifiche contenute nel DPR 74/2013) mentre per la stima effettuata con il software di simulazione dinamica DesignBuilder è stato assunto un profilo modellizzato su base oraria assunto uguale per tutti gli edifici del campione.

### **9.2.2. Applicazione della metodologia per il confronto tra consumi stimati e misurati**

Il campione di edifici sul quale è stato eseguito lo studio è costituito da 25 edifici esistenti ad uso residenziale, appartenenti al parco edilizio nella Regione Sicilia.

Come già accennato, allo scopo di paragonarne i consumi per riscaldamento (R) elaborati attraverso gli strumenti precedentemente esposti e mostrare come le principali caratteristiche geometrico-energetiche influiscano sui dati di consumo, è stata applicata una metodologia d'analisi sviluppata in 5 fasi (Fig. 34).

La classificazione del campione è stata eseguita sulla base dei parametri che maggiormente influiscono sui consumi annui di energia degli edifici per ciò che riguarda la climatizzazione invernale (R).

Il consumo di energia per il riscaldamento dipende essenzialmente dai guadagni e dalle perdite di calore di un edificio e dal comportamento dei residenti dall'altro. La letteratura ha dimostrato che, oltre alle caratteristiche oggettive, ad esempio clima, proprietà termiche dell'involucro e efficienza degli impianti (Harvey, 2009),

il comportamento degli utenti influenza significativamente il consumo energetico (Mora et al., 2015; Neusser et al., 2015). Tuttavia, una modellazione precisa di questa variabile risulta impossibile per valutazioni effettuate su ampia scala (mancanza di dati relativi ad esempio all'apertura/chiusura di finestre, alla regolazione della temperatura dell'aria interna, etc.), risultando anche di eccessivo dettaglio per una stima preliminare di interi stock di edifici.

Il fattore legato all'utilizzo degli edifici potrebbe ragionevolmente essere uno dei motivi principali per ciò che si osserverà dal paragone dei dati stimati e di consumo reale (O'Leary et al., 2016; Knight et al., 2008; Herrando et al., 2016)

I principali parametri quindi, che influenzano la domanda di energia per il riscaldamento, possono essere descritti attraverso:

- Le caratteristiche climatiche dell'area in cui l'edificio è sito. Per il campione analizzato ci si è riferiti alla UNI 10349:2016;
- I dati geometrici che quantificano le superfici disperdenti e il volume riscaldato dell'edificio (uno dei parametri identificativi risulta il rapporto di forma,  $S/V^{120}$  (Peri et al., 2013);
- La qualità termica dell'edificio (involucro ed impianto), che può essere riassunta attraverso l'epoca costruttiva dell'edificio;
- la tipologia geometrica dell'edificio (parametro che offre indicazioni riguardo l'inserimento dell'edificio nel contesto urbano definendone per esempio i lati disperdenti);
- Il comportamento degli occupanti (per mancanza di dati sperimentali, tale parametro non è stato analizzato).

Il campione è stato quindi caratterizzato sulla base di tali parametri, da un punto di vista geometrico ed energetico e sulla base dei consumi stimati attraverso gli strumenti di calcolo precedentemente descritti.

Nello specifico gli strumenti utilizzati per effettuare le simulazioni qui presentate sono: DOCET v. 3.3; DesignBuilder 4.7 e EnergyPlus v.8.3; per quanto riguarda la norma UNI TS 11300, gli algoritmi che sono stati utilizzati sono quelli indicati nella norma UNI TS 11300: 2008 parte 1, UNI TS 11300: 2008 parte 2 (in quanto sono stati indagati solo i consumi per riscaldamento e nell'anno oggetto dell'analisi ancora non era stata emanata la versione aggiornata della normativa). La norma UNI TS 11300: 2012 parte 4 è stata, invece, utilizzata per quegli edifici con sistemi da fonte energetica rinnovabile.

La Tab. 12 riassume le principali fonti dei dati per la determinazione dei parametri di caratterizzazione dello stock analizzato.

---

<sup>120</sup> Il rapporto di forma ( $S/V$ ), come specificato nel Dlg 311/06 rappresenta il rapporto tra la superficie disperdente e il volume lordo riscaldato dell'edificio. Costituiscono superfici disperdenti tutte le superfici misurate al lordo tra la zona termica esaminata e l'ambiente esterno, il terreno, oppure verso i locali non riscaldati, mentre il volume lordo è definito dalle parti di edificio riscaldate e delimitate dalle superfici disperdenti.

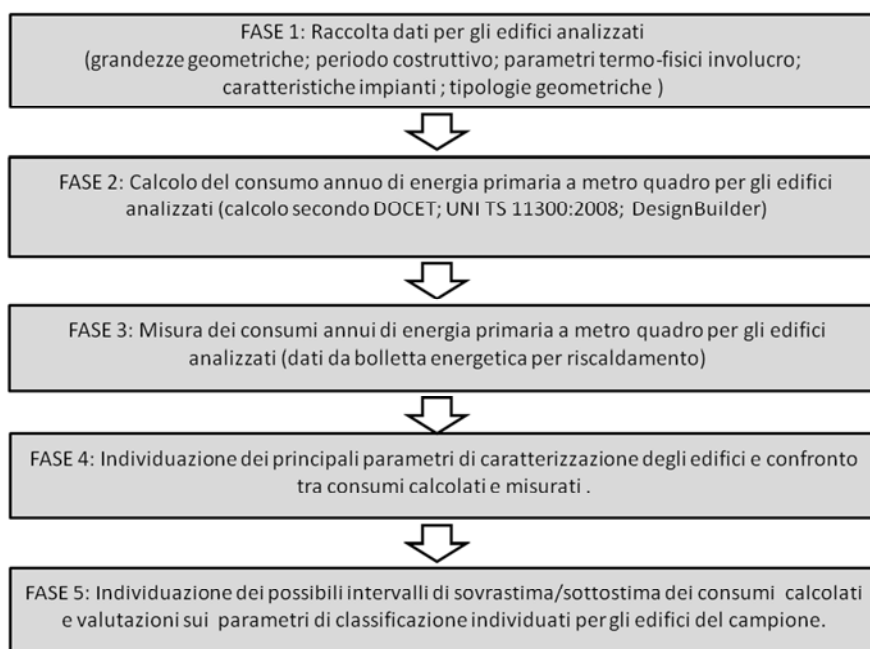


Figura 34. Fasi dell'analisi effettuata.

Tabella 12. Principali fonti dei dati per l'analisi dello stock di edifici

Tipologia dati	Fonte dati		Parametri determinati
	diretta	indiretta	
Localizzazione geografica e dati climatici	Conoscenza del comune nel quale gli edifici sono ubicati.	Consulto della normative UNI 10349:2016; DPR 74/2013	Zona climatica e temperature.
Caratteristiche geometriche	Sopralluogo; Planimetrie tecniche;	Uso di mappe virtuali (GoogleMaps).	S/V (m <sup>-1</sup> )
Dati costruttivo-architettonici	Indagine tra gli abitanti dell'edificio; Accesso a documenti come relazioni tecniche, progetto esecutivo, etc.	Letteratura scientifica; Regolamenti edilizi comunali	Periodo costruttivo; Materiali e spessori.
Proprietà termofisiche involucro		Dati costruttivi-architettonici; Standard nazionali ed internazionali (e.g EN	Valore di conducibilità termica dei materiali, $\lambda$ , utilizzati per i componenti d'involucro



Tipologia dati	Fonte dati		Parametri determinati
	diretta	indiretta	
Proprietà impianto di climatizzazione invernale	Sopralluogo; Indagine tra gli abitanti dell'edificio; Accesso a documenti come relazioni tecniche, progetto esecutivo, etc.	ISO 6946:2007; UNI EN ISO 10077-1:2002; EN ISO 13370:2007; UNI 10351:1994)	opaco e vetrato; Trasmittanza termica media, U, componenti opachi e vetrati.
		Periodo costruttivo	Sistema impiantistico e caratteristiche principali dei sottosistemi.

### 9.2.3 Caratterizzazione del campione analizzato

Il campione si compone di 25 edifici di cui 19 in zona climatica B ( $600 < GG^{121} < 900$ ) e 6 in zona climatica D ( $1400 < GG < 2100$ ); in merito si fa notare che il parco edilizio della Regione Siciliana è costituito per il 50% da abitazioni collocate nella zona climatica B, mentre quelle appartenenti alla zona climatica D rappresentano circa il 14% (Filogamo et al., 2014), il campione, quindi, risulta abbastanza rappresentativo del parco immobiliare della Regione.

Per ciò che riguarda la caratterizzazione geometrica, si è scelto di classificare il campione in funzione del rapporto tra la superficie disperdente dell'edificio e il volume riscaldato (rapporto di forma, S/V).

Il parametro S/V tiene conto della forma e dell'adiacenza agli edifici circostanti, quantificando, da un punto di vista termico, le superfici disperdenti del fabbricato analizzato e fornendo indicazioni sulla compattezza dell'edificio. Infatti, a parità di volume lordo riscaldato (V), quanto più compatto è l'edificio ( $< S/V$ ), tanto minore sarà la superficie disperdente totale dell'edificio stesso (S), ciò comporta minori perdite di calore nel periodo invernale e minor fabbisogno energetico per mantenere la temperatura interna.

Sulla base dei rapporti S/V del campione, sono stati individuati i seguenti intervalli di classificazione:  $S/V < 0,4$  appartiene a questa classe il 44% del campione;  $0,4 < S/V < 0,5$  appartiene a questa classe il 24%;  $S/V > 0,5$  appartiene a questa classe il 32% del campione

Per descrivere il campione dal punto di vista della qualità dell'involucro e dell'impianto, si è scelto invece, di classificare gli edifici secondo l'epoca

<sup>121</sup> Per gradi giorno di una località si intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, fissata convenzionalmente per ogni Paese, e la temperatura media esterna giornaliera.

costruttiva. A tal scopo, le classi individuate dalla catalogazione ufficiale adottata in Italia (Filogamo et al., 2014), sono state ridotte sulla base dei dati del campione analizzato.

La Tab. 13 riporta la classificazione del campione per epoca costruttiva e i valori medi di trasmittanza degli elementi edilizi per gli edifici analizzati che, come noto, diminuiscono man mano che ci si avvicina all'utilizzo di tecniche costruttive maggiormente efficienti. Ciò, per il campione di edifici analizzato, è confermato per tutti gli elementi edilizi valutati, a meno del valore di trasmittanza media degli elementi finestrati degli edifici della categoria "1945-1919". Presumibilmente, tale valore può essere giustificato dall'esiguo numero di edifici del campione appartenenti a tale sottocategoria ed ad eventuali interventi di ristrutturazione che hanno interessato solo gli elementi finestrati. La tabella, da un'indicazione di quanto l'epoca costruttiva possa essere un parametro d'analisi indicativo nella classificazione energetica degli edifici esistenti.

Tabella 13. Classificazione degli edifici del campione sulla base dell'epoca costruttiva e valori medi di trasmittanza dei componenti edilizi per gli edifici analizzati

Periodo costruttivo	Percentuale del campione [%]	Valore medio trasmittanza elementi edilizi [W/m <sup>2</sup> K]			
		Muratura	Basamento	Tetto	Finestra
Dopo il 1991	28	0.93	0.79	0.50	2.14
1991-1972	36	1.40	1.42	0.98	3.91
1971-1946	28	1.68	1.90	1.85	3.97
1945-1919	8	1.36	1.74	1.08	2.94

Per quanto riguarda i sistemi di climatizzazione invernale, che nel caso del campione analizzato sono quasi tutti sistemi tradizionali<sup>122</sup> (l'88% del campione presenta generatore di calore a combustibile gassoso di potenza variabile tra 20 e 25 kW e radiatori), l'efficienza del sistema ( $\eta_{gl}$ ) può essere espressa attraverso il prodotto tra l'efficienza dei diversi sottosistemi impiantistici.

L'efficienza media dei vari sottosistemi impiantistici, come noto, varia in funzione della tipologia di sottosistema e dell'anno di realizzazione dell'impianto che, seguendo le regole del mercato e gli standard di qualità imposti dalle normative vigenti in materia, segue trend di miglioramento negli anni. Pertanto, generalmente, anche nel caso degli impianti termici, e in riferimento all'efficienza totale dell'impianto, l'epoca costruttiva risulta un parametro caratterizzante.

<sup>122</sup>Il dato è indicativo per il parco edilizio della Regione Siciliana che, secondo quanto registrato al catasto termico della Regione (Dipartimento di Energia della Regione Siciliana, 2015), al 2015 presenta per il 96% impianti con generatore di calore a fiamma alimentati a gas, per il 3% impianti con macchine frigorifere/pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e per l'1% impianti con generatore di calore a fiamma alimentati a combustibile liquido e solido.



La Tabella mostra i principali dati geometrici ed energetici degli edifici del campione divisi per involucro<sup>123</sup> ed impianto<sup>124</sup>.

#### 9.2.4. Stima dei consumi energetici annui: DOCET, UNI TS 11300, Design Builder, bollette energetiche

Questa sezione è organizzata in due parti; la prima parte discute l’affidabilità del metodo DOCET per la classificazione energetica degli edifici, mentre la seconda parte presenta il confronto tra il consumo energetico standardizzato derivato dal DOCET e quello reale ottenuto dalle bollette, allo scopo di valutare eventuali “errori” nella stima dei consumi.

I risultati delle simulazioni condotte con i 3 metodi (DOCET, UNI TS11300 e DesignBuilder) che forniscono valutazioni standard (come citato nella Tab. 11), sono riportati e confrontati in Fig. 35. In particolare, il grafico sintetizza per ogni edificio i tre indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI) calcolati. Questi valori rappresentano il consumo totale di energia primaria annuale consumata per il riscaldamento degli ambienti per unità superficie utile dell’edificio ( $S_{calpest.edif}$ ).

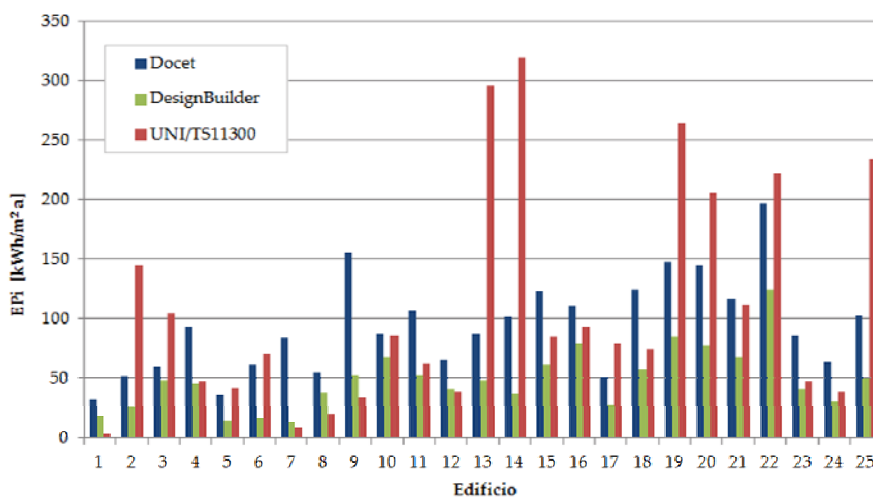


Figura 35. Confronto tra i consumi di energia stimati, con i tre metodi selezionati, per gli edifici del campione

Come osservato, per ogni edificio i valori di consumo di energia stimati differiscono a seconda del metodo di calcolo usato. In generale, queste discrepanze

<sup>123</sup>Nella categoria involucro, si indica con S= superficie disperdente e V= volume lordo dell’edificio.

<sup>124</sup>Nella categoria Impianto (R), si indica con S=impinato separato R e ACS); C= impianto combinato (R+ACS); C.P= Caldaia a Pellet; C.G=caldaia a gas standard; PdC.E= Pompa di calore elettrica; C.C=caldaia a condensazione.

non sono sorprendenti perché potrebbero derivare dalle diverse banche dati contenute in ogni strumento. Tuttavia, per alcuni degli edifici selezionati i valori basati su UNI TS 11300: 2008 sono risultati molto dissimili rispetto agli altri. Alcune possibili ragioni di ciò vengono postulate di seguito. Innanzitutto, si deve notare che le maggiori differenze tra i valori stimati con il DOCET e quelli stimati con la UNI TS 11300 esistono per edifici che sono caratterizzati da una forma particolarmente compatta (9, 13, e 14) o particolarmente complessa (2, 7, 15, 19, 20), pertanto DOCET sembra comportarsi meglio per edifici di forma regolare (1, 4, 8, 11, 16, 17, e 21). Infatti, DOCET è un modello molto semplificato basato su ipotesi di calcolo semplificate. E' probabile, quindi, che forme troppo particolari non vengano ben percepite e valutate nella stima dei consumi.

Inoltre, DOCET non è progettato per tener conto della reale influenza dei ponti termici, i loro effetti infatti sono limitati ad un incremento percentuale del valore di trasmittanza termica e così, a sua volta, di tutto il consumo energetico dell'edificio.

Sembra opportuno sottolineare anche che l'applicazione della normativa UNI TS è stata eseguita da diversi tecnici; la loro inevitabile diversa "sensibilità" nell'applicazione della norma (utilizzo per esempio di dati da prospetto) potrebbe aver introdotto un ulteriore parametro di variabilità tra i risultati ottenuti con il DOCET e con la UNI TS 11300.

Tipicamente, la classificazione energetica degli edifici avviene assumendo impostazioni standard e non le reali condizioni operative. Pertanto, per indagare l'affidabilità di DOCET in termini classificazione energetica, abbiamo deciso di confrontare le classi energetiche attribuite agli edifici del campione dai due strumenti DOCET e UNI TS 11300 Tab. 15. Questo confronto è possibile in quanto, come indicato in Tab. 11, la UNI TS 11300 è stata applicata in modo da ottenere una valutazione standard idonea alla classificazione energetica degli edifici.

Tabella 15. Classe energetica degli edifici: DOCET vs. UNI TS 11300

Classe energetica	Numero di edifici appartenenti alla classe energetica rispetto al metodo di calcolo utilizzato	
	DOCET	UNITS 11300
A4	0	2
A3	0	0
A2	0	0
A1	0	1
B	1	1
C	1	1
D	3	3
E	2	4
F	8	3
G	10	10

Come si può notare, per il DOCET, la maggior parte degli edifici (72%) è risultato appartenere alla classe G ed F, il resto (28%) risulta distribuito tra le classi E, D, C e B. Mentre, per il calcolo effettuato con la UNI TS 11300, si trova una distribuzione più omogenea sulle classi. In particolare, il 40% degli edifici è risultato essere in classe G; il 12% edifici in classe F, il 16% in classe E, il 12% in classe D, il 4% in classe C, il 4% in classe B, il 4% in classe A1 e l'8% in classe A4.

Pertanto, si mette in evidenza la presenza di differenze quando in base all'utilizzo di uno o dell'altro strumento per la classificazione energetica degli edifici. Una ragione plausibile potrebbe essere che, anche se DOCET è uno strumento basato sulla UNI TS 11300, tuttavia, implementa un modello molto più semplificato. Inoltre, è da notare come lo scenario DOCET rispetto alle classi energetiche risulta essere il peggiore in termini di prestazioni degli edifici analizzati; ciò deve far riflettere su quanto, valutazioni preliminari effettuate su database comunali, che raccolgono gli APE presentati da vari tecnici, considerino, in realtà scenari di prestazioni energetiche degli edifici esistenti, peggiori rispetto alla reale condizione.

Il confronto tra i metodi di calcolo è proseguito con il paragone DOCET, che implementa un modello di trasferimento di calore semi-statico, e i valori desunti dall'applicazione di DesignBuilder, strumento di simulazione di energia dinamica. Ciò allo scopo di evidenziare quale influenza può avere il tipo di simulazione sulla classificazione energetica (semi-statica vs dinamica).

Come affermato in precedenza, la mancanza di dati sperimentali riguardanti le abitudini e comportamenti reali degli utenti per i 25 edifici ci ha costretti, nella simulazione con DesignBuilder, a non poter modellizzare il reale comportamento dell'utenza per singolo edificio. Pertanto, ogni edificio è stato modellato assumendo un profilo d'occupazione di funzionamento dell'impianto verosimile per l'uso residenziale e per edifici collocati in Sicilia. Il profilo, modellato su base oraria, è stato assunto uguale per tutti gli edifici del campione. Nonostante ciò, i risultati ottenuti confrontando la performance del DOCET con DesignBuilder, potrebbero ragionevolmente dare un'indicazione sul ruolo svolto dal tipo di simulazione termica nella attribuzione della classe energetica degli edifici.

La Tab. 16 riporta sinteticamente i risultati del confronto.

Come si può osservare, anche in questo caso, sono presenti due differenti distribuzioni di classi energetiche, che continuano a mostrare come le stime effettuate con il DOCET siano le più pessimistiche. La simulazione dinamica dell'edificio ragionevolmente fornisce una distribuzione più realistica delle classi energetiche e più vicino al consumo energetico reale rispetto al modello semistatico (DOCET), come mostrato anche in Tronchin e Fabbri (2010).

Al fine di poter avere un riscontro più realistico dai database comunali che raccolgono gli APE prodotti, i risultati riportati in Tab. 16, suggeriscono come l'attuale versione del DOCET dovrebbe essere rivista allo scopo di includere parametri di simulazione dinamica più realistici. Ciò considerato che, in Italia, lo strumento di riferimento delle Pubbliche Amministrazioni per l'attribuzione della classe di prestazione energetica per gli edifici esistenti è appunto il DOCET.

Tabella 16. Classe energetica degli edifici: DOCET vs. DesignBuilder

Classe energetica	Numero di edifici appartenenti alla classe energetica rispetto al metodo di calcolo utilizzato	
	DOCET	DesignBuilder
A4	0	0
A3	0	2
A2	0	4
A1	0	0
B	1	1
C	1	2
D	3	7
E	2	6
F	8	1
G	10	2

La Fig. 36 riporta una panoramica delle classi energetiche raggiunte con i tre strumenti di simulazione.

Le scale di classificazione energetica per gli edifici selezionati sono stati definiti sulla base dell'indice di prestazione energetica limite, EPLimit, che è stato determinato per ciascun edificio utilizzando le tabelle riportate nel Decreto 311/2006; questo parametro, come noto, dipende dalla zona climatica e dal rapporto di forma S/V dell'edificio.

Come accennato in precedenza, DOCET è il modello di calcolo più popolare tra i tecnici italiani per l'elaborazione degli APE. Pertanto, si è deciso di confrontare il consumo di energia dei 25 edifici con il consumo reale di energia derivata dalle bollette bimestrali relative ai consumi per riscaldamento (gas metano e elettricità).

I risultati sono riportati di seguito (Fig. 37).

Come si può osservare, per ogni edificio il consumo energetico stimato differisce dal consumo reale. Questo risultato, che deriva dalla constatazione che DOCET considera il profilo di uso standard e non quello reale, conferma studi precedenti che discutono tale gap (O'Leary et al., 2016; Herrando et al., 2016; Hörner et al., 2015; Altan et al., 2013).

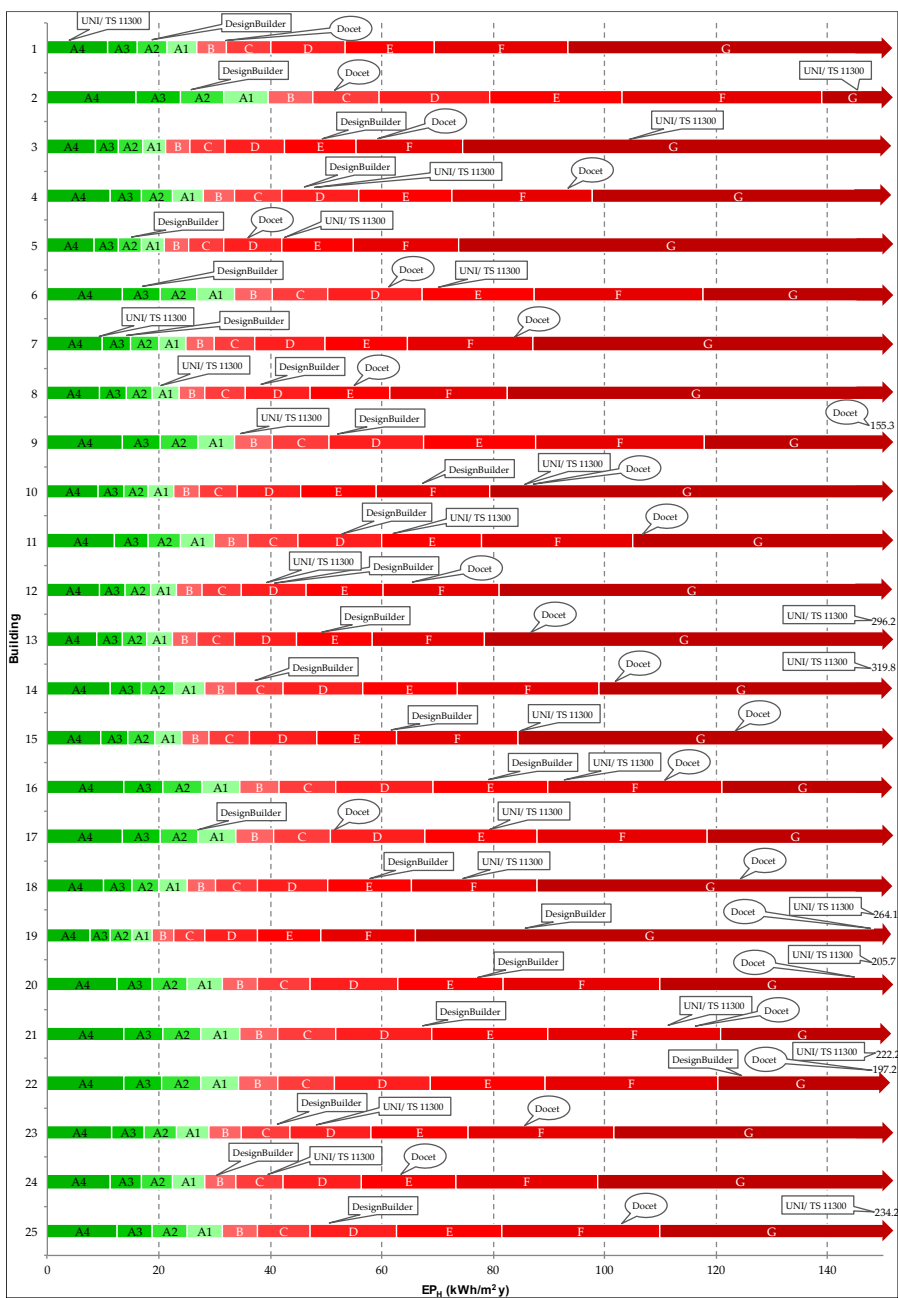


Figura 36. Panoramica delle classi energetiche stimate sulla base degli strumenti UNI TS 11300, DOCET e DesignBuilder

Inoltre, a differenza di altri studi, ad esempio (Herrando et al., 2016), il consumo di energia determinato utilizzando le fatture risulta qui sempre inferiore a quello stimato. Questo risultato potrebbe derivare dal fatto che gli edifici studiati nel lavoro citato, sono modellati secondo un particolare profilo di utilizzo legato all'uso



specifico del caso studio (studenti universitari fuori sede, che trascorrono la maggior parte del loro tempo fuori casa).

Gli intervalli di variazione assoluta per singolo edificio risultano essere molto variabili tra i 20 ÷ 178 kWh/(m<sup>2</sup>anno).

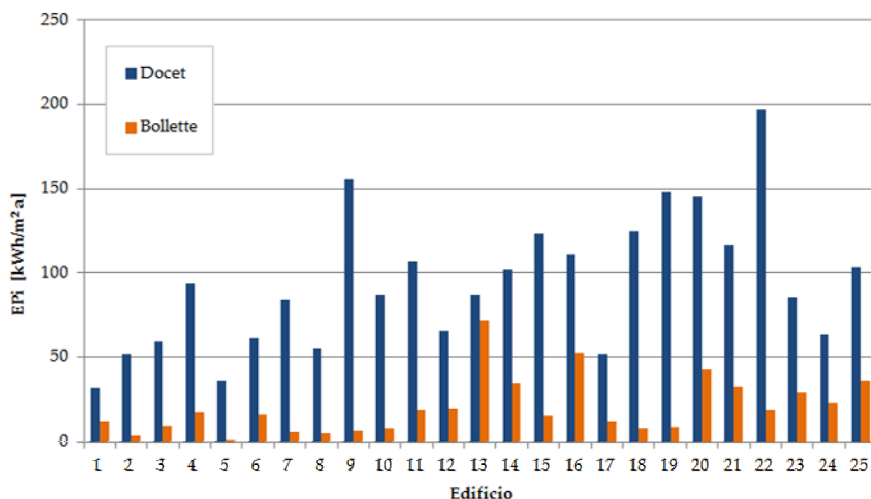


Figura 37. Confronto tra i dati di consumo energetico calcolati con DOCET e quelli reali derivati dalle bollette energetiche

La variazione assoluta tra i valori calcolati e misurati è stata calcolata anche per lo strumento di simulazione dinamica. I valori sono stati ordinati rispetto alla variazione dei due parametri energetico-architettonici che influiscono maggiormente sui consumi per riscaldamento, rapporto di forma espresso, attraverso S/V (Fig. 38) ed epoca costruttiva (Fig. 39).

Come si nota dal grafico in Fig. 38, la variazione assoluta tra DOCET e bollette, cresce in maniera omogenea al crescere del valore di S/V, come anche per l'epoca costruttiva (Fig. 39).

Tale rigidità nel trend di crescita, non è invece visibile per l'altro strumento di simulazione energetica. Non è quindi possibile individuare un range di sovrastima dei consumi univoco per DOCET in più sembra che per valori di S/V estremi il DOCET, rispetto al dato misurato, dia variazioni non accettabili, confermando quanto precedentemente detto a riguardo. Diversamente per lo strumento dinamico, che individua una fascia di sovrastima più uniforme e quindi più vicina al dato misurato.

Per ciò che riguarda la classe epoca costruttiva, dalla (Fig. 39) si nota come i consumi stimati con il DOCET definiscano range di sovrastima più uniformi per classe costruttiva e maggiori per gli edifici meno recenti. Il DesignBuilder, invece,

sembra identificare range costanti indifferentemente dall'epoca costruttiva dell'edificio.

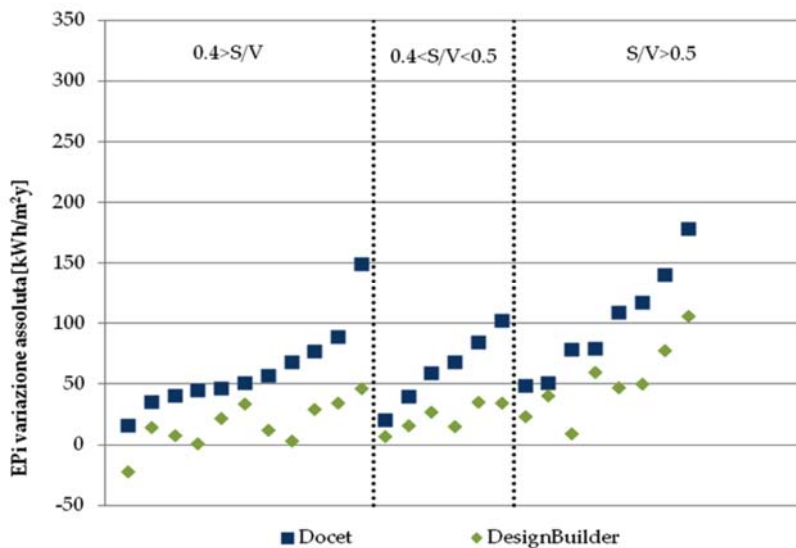


Figura 38. Variazione assoluta tra consumi unitari, stimati e misurati, per classe di rapporto di forma degli edifici del campione.

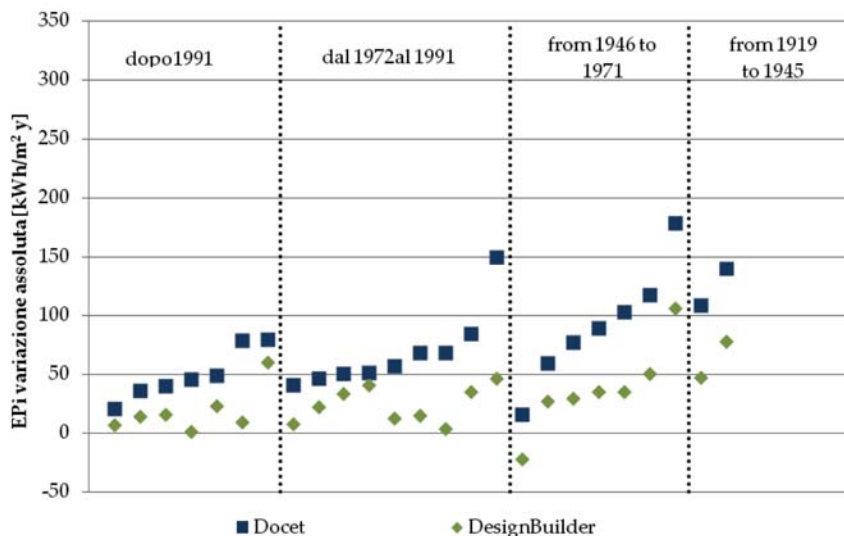


Figura 39. Variazione assoluta tra consumi unitari, stimati e misurati, per classe di epoca costruttiva degli edifici del campione.

Considerato che i parametri termofisici legati all'epoca costruttiva (trasmissione degli elementi e rendimento degli impianti) che sono stati utilizzati sono gli stessi per entrambe le modellazioni, si può avanzare l'ipotesi che tale differenza sia

attribuibile alla modellazione del profilo d'utilizzo, più accurata per il DesignBuilder e alla valutazione dinamica dell'involucro che è solo approssimata nel caso del DOCET. Dai dati dei consumi stimati con il DOCET, sembrerebbe che nei casi in cui l'effetto di sfasamento e attenuazione dell'onda termica è maggiore (edifici più antichi costruiti con pareti perimetrali più spesse e in tufo), l'errore sia più apprezzabile.

Le valutazioni condotte hanno mostrato i dati di consumo degli edifici esistenti derivanti dalle classi energetiche degli APE definiti con lo strumento DOCET mostrino scenari più pessimistici del reale. Una revisione della versione corrente di questo strumento, volto a includere elementi che tengano conto di una simulazione dinamica degli scambi termici dell'edificio, è quindi auspicabile. Infatti, come affermato in studi precedenti e confermato nel presente studio, il consumo energetico, seppur standardizzato, se valutato utilizzando uno strumento di simulazione dinamica (come ad esempio DesignBuilder) porta ad una stima molto più realistica.

L'individuazione di range di sovrastima dei consumi energetici calcolati con il DOCET, rispetto ai consumi valutati con un profilo d'uso standard ma con strumenti dinamici, potrebbe essere utile per "correggere" i dati di consumo raccolti dalle Amministrazioni, permettendo quindi, la costruzione di scenari di efficienza energetica del parco immobiliare esistente, più realistici. Inoltre, dallo studio condotto, si evidenzia come, il parametro "epoca costruttiva degli edifici" sia, con i limiti mostrati, quello che maggiormente valido per la classificazione dell'edilizia esistente.

### 9.3 Metodologie per la classificazione di stock di edifici esistenti: breve analisi

Tanti sono gli studi che propongono metodi di classificazione di stock di edifici esistenti da un punto di vista energetico. Gli approcci possibili, secondo quanto si ritrova in letteratura, sono essenzialmente due, il *top down* e *bottom up*.

Swan e Ugursal in (2009) espongono le caratteristiche, le finalità e le differenze dei due possibili approcci. Ogni tecnica, infatti, si basa su diversi livelli di informazioni di ingresso, su diverse tecniche di calcolo e fornisce risultati con diversi applicabilità (il livello di dettaglio dei dati di input per la stima dipende ovviamente dal fine dello studio, dalla disponibilità di dati e dalle ipotesi fatte).

In sintesi possiamo dire che:

- nell'approccio top down si usano normalmente dati storici aggregati di consumo di energia che, elaborati e disaggregati in funzione di variabili di alto livello, permettono di *attribuire* determinati valori di consumo agli edifici che si vogliono caratterizzare energeticamente;

- l’approccio bottom-up, invece, *calcola* il consumo energetico di singoli gruppi di edifici per poi estrapolare, dagli stessi, valori di consumo “tipo”, adatti a rappresentare lo stock di edifici ad ampia scala. L’elaborazione dei dati può avvenire secondo metodi statistici (utilizzando tecniche di regressione e indicatori macroeconomici) o ingegneristici, utilizzando informazioni relative alle caratteristiche ingegneristiche degli edifici rappresentativi del campione di macro scala territoriale.

Tra le *tecniche ingegneristiche* (approccio bottom-up) rientra quella che lavora per *archetipi* (Swan e Ugursal, 2009; Parekh e Eng, 2005).

In essa lo scopo è quello di identificare modelli di edificio rappresentativi del parco immobiliare di un territorio, sulla base di caratteristiche geometriche, termiche e dei parametri di funzionamento degli impianti. Il consumo energetico dei modelli viene simulato con software di calcolo appropriati, allo scopo di costruire un database di archetipi rappresentativi del parco immobiliare che si vuole analizzare. Definito il database, il metodo rende semplice l’attribuzione di un determinato consumo ad un edificio appartenente ad un determinato archetipo.

La tecnica d’ingegneria ha come punti di forza la possibilità di modellare stime più conformi al reale, il punto di debolezza è dato dal fatto che il comportamento dell’utente nell’utilizzo dell’immobile deve essere ipotizzato (Santin, Itard e Visscher, 2009). La metodologia, quindi, porta degli errori di approssimazione che sono accettati nell’ipotesi di voler effettuare una stima non puntuale, ma di macroscale, del parco immobiliare (quartiere, città, regione).

Il modello che lavora per archetipi può essere molto utile in quanto può essere integrato con l’utilizzo di una piattaforma WEBGIS permettendo anche la visualizzazione dei dati a livello territoriale e permettendo, inoltre, l’interoperabilità dei dati energetico-architettonici.

Inoltre, relativamente a tale ambito di ricerca, molti sono gli studi che indagano quale siano gli elementi (architettonici, costruttivi, climatici etc.) che influenzano maggiormente i consumi energetici degli edifici e quali siano le relazioni tra i consumi e le possibili variabili che caratterizzano un edificio nel determinato contesto analizzato (Zhao, Künzel e Antretter, 2015; De Boeck, Audenaert e De Mesmaeker, 2013). La comprensione di tali fattori, infatti, è utile all’individuazione degli archetipi e alla successiva classificazione degli edifici esistenti sulla base degli stessi, in modo da permettere la costruzione di scenari di miglioramento dell’efficienza energetica che siano calibrati sul contesto territoriale e che agiscano sugli elementi che a livello energetico influiscono maggiormente sui consumi del parco edilizio analizzato.

## **9.4 La classificazione architettonico-energetica degli edifici a scala di distretto: un caso studio**

Le Amministrazioni Comunali sono sempre più chiamate ad individuare azioni di miglioramento dell'efficienza energetica inserite in un a visione di pianificazione smart del territorio in linea con le Direttive europee. Secondo quanto detto in precedenza in tale scenario la scala di quartiere sembra essere la più idonea per rendere concreto l'approccio multisettoriale che la pianificazione smart richiede (a tal proposito si veda paragrafo 8.6.4).

L'identificazione di cluster di edifici resta comunque il punto fondamentale per definire interventi d'efficienza a ampia scala.

A tal scopo i paragrafi successivi mostrano:

- Una possibile classificazione architettonica energetica degli edifici esistenti, cercando di fornire una metodologia di facile applicabilità che utilizzi i dati a disposizione delle Amministrazioni Comunali, allo scopo di definire da un punto di vista energetico e architettonico, le caratteristiche complessive di un determinato quartiere;
- Un primo approccio ad una caratterizzazione per quartieri del territorio comunale, che possa permettere di identificare parametri e successive azioni d'intervento per cluster di quartieri;
- Le basi per la creazione di un database completo di caratterizzazione "architettonico - energetico" degli edifici residenziali esistenti, allo scopo di poter visualizzare attraverso mappe georiferite (piattaforma GIS) un quadro globale del rendimento energetico e delle caratteristiche architettoniche e di contesto, per singolo edificio e per l'intero quartiere, sulla base delle quali poter valutare azioni pianificatorie relative all'intero quartiere.

### **9.4.1 La metodologia applicata**

Il lavoro presentato consiste nell'applicazione di una metodologia per la classificazione dell'edificato esistente. L'applicazione è stata effettuata all'interno di un quartiere periferico della città di Palermo (Sicilia, Italia), per il quale sono stati raccolti dati architettonici ed energetici per un totale di 180 edifici ad uso residenziale. Attraverso l'analisi combinata dei dati raccolti, si è proceduto con l'affiancare alla caratterizzazione architettonica parametri relativi al "Contesto", alla "Geometria" e alle "Specifiche degli elementi costruttivi" fino a giungere all'identificazione di tipologie che siano indicative delle caratteristiche architettonico-energetiche del quartiere.

Il punto focale della metodologia applicata è quella di proporre una classificazione degli edifici sulla base di informazioni facilmente reperibili per le Amministrazioni locali che si trovano a dover porre in atto azioni di efficientamento

energetico dell'edilizia esistente, in modo da facilitare la transizione da una visione semplicemente storico-architettonica del parco immobiliare esistente ad una che contempra anche l'ambito energetico.

La metodologia proposta applica un approccio bottom-up ed un'elaborazione di tipo ingegneristico, essa permetterà di analizzare e classificare gli edifici del campione di un distretto, rispetto al fabbisogno di riscaldamento invernale (R) e produzione di acqua calda sanitaria (ACS), utilizzando, quindi le stesse informazioni di consumo contenute all'interno degli Attestati di Prestazione Energetica raccolti dalle Amministrazioni Comunali secondo gli obblighi imposti dalla Direttiva Europea 2002/91/CE e i recepimenti nazionali degli Stati Membri (per l'Italia il DLgs. 192/2005 e successivi aggiornamenti).

Di seguito si riportano le fasi della metodologia che è stata applicata (Fig. 40).

La metodologia adottata parte dall'identificazione della tipologia architettonica delle singole unità del distretto, qui individuato attraverso un metodo riferito ai concetti di urbanistica tradizionale che vede la città come un insieme di "blocchi urbani", intesi come la più piccola area di agglomerato urbano circondato da strade principali (Marique e Reiter, 2014); la scelta di tale classificazione dell'unità di distretto, rispetto ad una che considera per esempio la rete elettrica per definirne i confini (come per esempio indicato nel concetto di distretto/hub energetico urbano proposto dal Dipartimento DOE degli USA<sup>125</sup>) è funzionale a offrire alle Amministrazioni Comunali uno strumento di facile applicabilità.

Tale lettura del distretto, infatti, risulta facilmente reperibile dalle mappe comunali.

Per il quartiere analizzato, sito a Palermo, le tipologie edilizie presenti sono state desunte dagli strumenti urbanistici vigenti nel Comune (Piano Regolatore di Palermo, 2002) e sue varianti (Variante Generale al Piano Regolatore di Palermo, 2004), dalla letteratura scientifica esistente (Filogamo et al., 2014; Ballarini, Corgnati e Corrado, 2014) e dalle specifiche relative al patrimonio immobiliare Siciliano.

Il campione è stato caratterizzato sulla base di informazioni relative a:

---

<sup>125</sup>Secondola definizione di "hub energetico urbano" del Department of Energy (DOE, USA), la scala di distretto, da un punto di vista elettrico, può essere identificata attraverso una microgrid, definita come «un gruppo di carichi interconnessi e di risorse energetiche distribuite all'interno di confini elettrici chiaramente definiti, che agisce come un'unica entità controllabile rispetto alla rete. Una microgrid può collegarsi e scollegarsi dalla rete ed operare sia connessa con la rete che isolata da questa». Dal concetto riferito alla rete strettamente elettrica, ci si può facilmente estendere alle altre infrastrutture urbane (quelle che precedentemente abbiamo chiamato infrastrutture fisiche), così da definire il distretto come l'unità di consumo base di un quartiere o di una città. Questo è caratterizzato da nodi (identificati dagli edifici) intesi come unità di consumo puntuali e vicine, e da reti infrastrutturali (e.g. energia, acqua, trasporto, rifiuti, internet) entro cui i nodi si collocano. La caratterizzazione dello spazio del quartiere, in termini di urbanistica classica (superficie costruita, superficie a verde, superficie stradale etc.) e consumi e delle reti e dei nodi da un punto di vista tecnologico ed energetico, pone le basi per l'individuazione di azioni coordinate volte all'ottenimento di quartieri che, grazie alla gestione coordinata delle risorse energetiche riducano, nel bilancio energetico complessivo, l'utilizzo di energia da fonte fossile.

- Contesto (ad esempio vicinanza e altezza media degli edifici circostanti, presenza e superficie degli spazi verdi etc.);
- Geometria (ad esempio dimensioni del fabbricato, volume, superfici disperdenti, tipologia geometrica, etc.);
- Specifiche degli elementi costruttivi ed impiantistici dell'edificio (tipologia degli elementi opachi e vetrati, tipologia di impianto di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria), riassumibile, con le dovute limitazioni, attraverso l'epoca costruttiva dell'edificio;
- Consumi energetici stimati per R e ACS e parametri energetico-ambientali (ad esempio le emissioni di CO<sub>2</sub> calcolate in riferimento all'energia consumata e al tipo di combustibile usato).

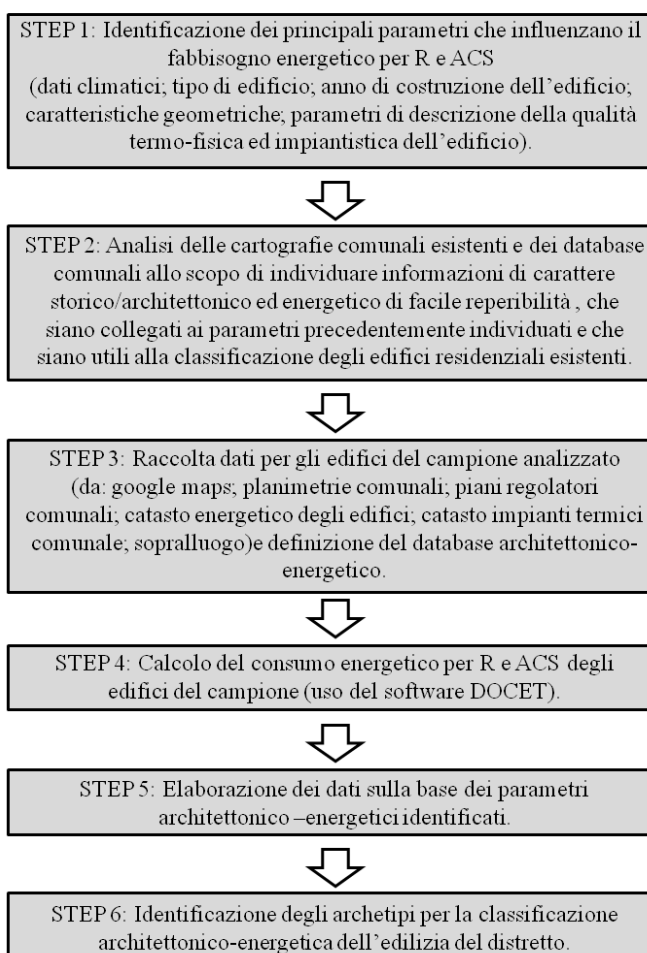


Figura 40. Metodologia per l'individuazione degli archetipi architettonico-energetici

La maggior parte dei dati energetici inclusi nella classificazione proposta sono desumibili dagli APE a disposizione del comune, la scelta porta il vantaggio di

rendere la metodologia di classificazione di semplice applicazione per le Amministrazioni Comunali.

Nell'impossibilità di accedere direttamente al database energetico comunale, il consumo energetico del campione è stato stimato attraverso l'utilizzo del software DOCET (software per il calcolo dei requisiti di rendimento energetico degli edifici esistenti elaborato da alcuni istituti italiani su richiesta del Ministero italiano dello Sviluppo Economico, allo scopo di ridurre e semplificare il costo della certificazione energetica in Italia). Il software, come già visto nei precedenti paragrafi, utilizza la procedura semplificata introdotta dalla normativa tecnica nazionale UNITS 11300-1 e 2 di riferimento per l'elaborazione dei certificati energetici degli edifici. In linea con le norme nazionali di riferimento, nel caso studio, si ipotizza per il sistema di riscaldamento, un funzionamento continuativo per il periodo di riscaldamento (24 h giornaliero), mentre per la produzione di ACS un funzionamento continuativo per tutto l'anno.

#### ***9.4.2 Caratterizzazione dell'edilizia del distretto analizzato e applicazione della metodologia***

Il campione di edifici analizzato è quello di un quartiere periferico residenziale della città di Palermo (Sicilia, Italia; zona climatica B, 751 Gradi Giorno; periodo di riscaldamento dal 1° dicembre - 31 marzo) composto da 266 edifici di cui 180 ad uso residenziale (Fig. 41).

Nel quartiere sono presenti cinque tipologie architettoniche residenziali, definite come segue:

- Edilizia di base (EBA), capannoni rurali isolati, successivamente ampliati ed adibiti ad abitazione, generalmente composti da un solo piano (altezza variabile da 3 a 5m) e 1 appartamento;
- Casa isolata (CI), unità abitative non aggregate, con giardino privato più o meno consistente, costituite da 1 o 2 piani che ospitano 1 o 2 famiglie;
- Edilizia di borgata (EBO), unità abitative aggregate caratterizzate da ingressi indipendenti, spazi privati all'aperto, due muri in comune con le unità affiancate, due soli fronti, l'anteriore e il posteriore. Tale tipologia caratterizza i sistemi insediativi lineari a margine della viabilità di collegamento tra le aree periferiche e il centro urbano e comprende unità unifamiliari o plurifamiliari (Variante Generale al PRG del Comune di Palermo, 2004). Costituite da 2 o 3 piani, raramente 4, con altezza interpiano (3,20m) e con 1 appartamento a piano;
- Case in linea (CL), caratterizzate da aggregazioni lineari di unità immobiliari, generalmente, ma non necessariamente rettilinee, accorpate a due a due intorno ad un collegamento verticale (scala), generalmente superano i 4 piani e presentano 2 o più appartamenti a piano;



- Case a blocco (CBM), discendono da quelle in linea di cui rappresentano una variante ove le aggregazioni lineari cambiano direzione e tendono a circoscrivere uno spazio interno, generalmente superano i 6 piani e si presentano come un corpo unico. Hanno in media 2 o più appartamenti per piano.



Figura 41. Il quartiere analizzato (riquadro rosso) rispetto al centro città di Palermo (cerchio in rosso, in alto)

Ricordando che, dall'analisi riportata nel paragrafo 9.2.4, l'epoca costruttiva degli edifici è risultato il parametro di maggior valore per la classificazione degli edifici del campione analizzato, si è scelto di classificare le tipologie architettoniche identificate nel presente caso studio, partendo dalle epoche costruttive (Tab. 17).

Tabella 17. Epoca costruttiva delle tipologie architettoniche identificate nel distretto

Tipologia Architettonica	Edifici per period costruttivo (n.)				Edifici (n.)
	1919-1945	1946-1971	1972-1991	dopo 1991	
<b>EBA</b>	<b>20</b>	3	-	-	23 (13%)
<b>CI</b>	<b>13</b>	5	9	5	32 (18%)
<b>EBO</b>	<b>63</b>	31	2	-	96 (53%)

<b>CL</b>	1	6	<b>14</b>	1	22 (12%)
<b>CBM</b>	-	-	<b>6</b>	1	7 (4%)
<b>Numero di edifici</b>	97 (54%)	45 (25%)	31 (17%)	7 (4%)	<b>180</b>

Di seguito a scopo esemplificativo si riportano delle foto delle tipologie architettoniche individuate nel distretto.

In Tab. 17, identificata dai caratteri in rosso, è riporta per ciascuna delle tipologie architettoniche individuate nel quartiere, l'epoca costruttiva prevalente a cui far riferimento per la caratterizzazione architettonica ed energetica.



Figura 42. Tipologie architettoniche presenti nel quartiere analizzato (in ordine EBA; CI; EBO; CL; CBM)

E' da notare, inoltre, come la Tabella confermi quanto si evince dallo studio dell'evoluzione urbanistica e del tessuto edilizio della città di Palermo. Il quartiere, infatti, come molti altri a Palermo, si trova all'interno di una vecchia borgata marinara, caratterizzata da un vecchio impianto ottocentesco che si mantiene solo in corrispondenza degli antichi assi stradali (lungo i quali si trovano edifici appartenenti alla tipologia edilizia EBO, 53% del campione) e da qualche edificio isolato sparso. Lo sviluppo del quartiere, negli anni, ha seguito il vecchio impianto fino alla fine del 1960, quando la zona ha avuto un moderato sviluppo che ha portato alla costruzione sia di edifici multipiano che di piccole case isolate sparse mono o bifamiliari.

Sulla base dei dati a disposizione, per ogni tipologia architettonica identificata, si individua l'edificio tipo (archetipo, edificio non reale). Le caratteristiche di ogni archetipo, vengono definite attraverso i valori medi per il campione analizzato e l'epoca costruttiva prevalente.

La Tab. 18 mostra le caratteristiche geometriche delle tipologie architettoniche del campione analizzato.

Tabella 18. Proprietà geometriche medie per le tipologie architettoniche individuate

Tipologia Architettonica	Superficie totale calpestabile (m <sup>2</sup> )	Piani (n.)	Appartamenti (n.)	Superficie disperdente, S (m <sup>2</sup> )	Volume lordo riscaldato, V (m <sup>3</sup> )	S/V (1/m)
<b>EBA</b>	80	1	1	345	376	0.9
<b>CI</b>	279	2	2	531	771	0.7
<b>EBO</b>	262	3	3	487	681	0.7
<b>CL</b>	2732	6	19	2684	8554	0.3
<b>CBM</b>	3077	7	18	2885	8286	0.3

Per l'identificazione delle caratteristiche termofisiche delle tipologie architettoniche del campione ci si è riferiti alle medie per epoca costruttiva prevalente (Tab. 17 riferimento in rosso).

In Tab.19 sono riassunte le caratteristiche medie, architettoniche (epoca costruttiva, trasmittanza degli elementi d'involucro e caratteristiche impiantistiche) ed energetiche (superficie disperdente, volume riscaldato e consumo d'energia per riscaldamento e produzione d'acqua calda sanitaria), delle tipologie individuate.

In tal modo, partendo da una classificazione architettonica, gli edifici tipo individuati, vengono definiti anche da un punto di vista energetico, individuando le tipologie energetico-architettoniche del distretto analizzato. Si specifica che in assenza di dati rilevabili *in situ* (ad esempio alcuni dei dati relativi al sistema impiantistico degli edifici del campione), si è fatto riferimento ai dati statistici riferiti alla Regione Siciliana in Filogamo et al. (2014).

Tabella 19. Caratteristiche architettonico-energetiche medie per le tipologie individuate

Tip. Arch.	Periodo costruttivo prevalente	Trasmittanza media (W/m <sup>2</sup> K)				Sistema di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria		
		Basam.	Pareti esterne	Tetto	Finestre	Riscaldamento, R	Acqua Calda Sanitaria, ACS	Tip. impianto
<b>EBA</b>	1919-1945	1,6	2,3	1,7	5	Caldaia a gas	Boiler elettrico	Autonomo e non combinato
<b>CI</b>	1919-1945	1,6	2,3	1,7	5	Caldaia a gas	Boiler elettrico	Autonomo e non combinato
<b>EBO</b>	1919-1945	1,6	2,3	1,7	5	Caldaia a gas o pompa di calore	Boiler elettrico	Autonomo e non combinato
<b>CL</b>	1972-1991	1,5	2,5	1,51	4	Caldaia a gas	Caldaia a gas	Autonomo e combinato (R+ACS)
<b>CBM</b>	1972-1991	1,5	2,8	1,5	4	Caldaia a gas	Caldaia a gas	Autonomo e combinato (R+ACS)

Allo scopo di effettuare un confronto tra metodologie differenti per la stima dei consumi di stock di edifici residenziali applicate entrambe alla Regione Siciliana si è scelto di classificare gli edifici tipo individuati sulla base della classificazione proposta in Filogamo et al. (2014), che associa dei consumi tipo alle principali tipologie di edificio presenti nella Regione Siciliana, classificando l'edilizia della Regione per tipologie geometriche.

Le due metodologie differiscono per tipo d'approccio; specificatamente quella proposta nel presente lavoro applica un metodo d'elaborazione dei dati ingegneristico, mentre quella proposta in Filogamo et al. (2014) utilizza un metodo statistico.

Sulla base quindi delle grandezze dimensionali degli edifici analizzati e del rapporto di forma (S/V), riportati in Tab. 18, si è individuata la corrispondenza tra gli edifici del presente lavoro e quelli della classificazione proposta in Filogamo et al. (2014), come mostrato in Tab. 20.

Inoltre, per ogni tipologia in esso identificata, grazie ai dati di classificazione dell'intero parco immobiliare della Regione Siciliana e utilizzando il fattore di conversione proposto dall'OECD<sup>126</sup>, si sono calcolati i consumi a metro quadro degli edifici tipo secondo la classificazione proposta da Filogamo et al. (2014) e confrontati con quelli delle tipologie architettoniche (stima effettuata con il software DOCET).

La Tab. 20 mostra il confronto tra i consumi a metro quadro stimati con le due metodologie e riferiti alle tipologie identificate nel presente lavoro.

Tabella 20. Consumi medi per le due metodologie di classificazione analizzate Tipologia edilizia

Tipologia edilizia identificata	Tipologia edilizia secondo Filogamo et al., 2014	Consumi di energia primaria, R+ACS (kWh/m <sup>2</sup> a)	
		presente lavoro	Filogamo et al., 2014
<b>EBA</b>	SFIB	409	116
<b>CI</b>	TFIB	302	125
<b>EBO</b>	TFIB	249	125
<b>CL</b>	MBB	184	193
<b>CBM</b>	MBB	206	193

E' interessante notare come le maggiori differenze tra i valori di consumo sono identificabili nelle tipologie architettonico-energetiche che maggiormente caratterizzano il quartiere analizzato (Tab. 17).

Ciò probabilmente è indicativo del fatto che una stima dei consumi di carattere statistico, riferita ad un'intera Regione, mal si adatta a valutare, da un punto di vista energetico, una scala di caratterizzazione degli edifici più dettagliata, come è quella di quartiere, risultando invece, più adatta ad applicazioni ad ampia scala territoriale

<sup>126</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), in <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4109> (March 2016). Fattore di conversione (1 toe = 41,868 GJ o 11630 kWh).

(regionali o comunali); dall'altro, invece, potrebbe essere legato al fatto che il campione di edifici analizzato si presenta limitato rispetto ad alcune tipologie ad esempio la CBM (Tab. 17) portando probabilmente a valori medi di consumo non attendibili per le tipologie con campione ridotto. Un maggior numero di dati per aumentare l'attendibilità dei valori di consumo medi proposti sarebbe auspicabile. Non per ultimo, l'utilizzo del software DOCET che applica il metodo standardizzato delle UNI TS 11300:2008, porta in se degli errori di valutazione sovrastimando i consumi degli edifici e fornendo gli scenari di consumo più pessimistici (si veda paragrafo 9.2.1).

Attraverso l'individuazione degli archetipi e stimando i consumi di questi per mezzo di un software di simulazione più accurato rispetto al DOCET (per esempio Design Builder), la classificazione architettonico-energetica proposta, potrebbe permettere alle Amministrazioni di ottenere scenari di consumo energetico dell'edilizia esistente più realistici.

### ***9.4.3 L'utilizzo della metodologia nella valutazione energetica del distretto per il settore edilizia***

Nella visione di bilancio globale del "sistema distretto" (si veda Capitolo 4), questo deve essere caratterizzato sulla base dell'energia richiesta dai principali settori energivori (edifici, trasporti, illuminazione pubblica, etc) in modo da avere una visione complessiva dei consumi e contestualmente individuarne gli ambiti che necessitano di interventi di riqualificazione energetica.

La valutazione energetica del distretto passa, quindi, attraverso la caratterizzazione dello stesso secondo vari ambiti. La visione globale, viene però raggiunta, attraverso l'analisi e l'individuazione di parametri identificativi per ognuno dei settori inseriti nel bilancio globale, che chiarifichino punti di forza e debolezza dei settori analizzati ed inseriti nel bilancio e che possano essere utili ad analisi di comparazione tra differenti distretti.

Sulla base di quanto detto, ci si focalizza qui all'ambito/settore dell'edilizia del quartiere.

Il tentativo è quello di fornire una metodologia che permetta, attraverso l'individuazione delle caratteristiche energetico-architettoniche del comparto edilizio a scala di quartiere, la semplice attribuzione dei consumi alle relative tipologie edilizie individuate.

Sulla base dei parametri identificati nel paragrafo 4.3, si procede con l'individuazione di alcuni indicatori rappresentativi dei consumi energetici degli edifici del distretto.

Gli indicatori riportati in (Tab. 21) riguardano la caratterizzazione urbanistica-energetica del distretto analizzato per l'ambito residenziale.

Tabella 21. Alcuni dei parametri identificativi della forma del distretto e della qualità architettonica- energetica del costruito

<b>Parametri geometrici</b>	Superficie totale del distretto, $A_d$ ( $m^2$ )	594 983	
	Volume lordo riscaldato dell'edificato del distretto, $V_d$ ( $m^3$ )	344 843	
	Densità del distretto, $V_d/A_d$ (m)	0.6	
	Area verde, $A_v$ ( $m^2$ )	178 775	
	Area costruita, $A_c$ ( $m^2$ )	416 208	
	Volume lordo riscaldato del distretto per tipologie edilizie, $V_{dx}$ ( $m^3$ )	EBA	8647
		CI	24670
EBO		65342	
CL		188182	
CBM		58002	

La Fig. 43 mostra la mappa georiferita (GIS) della distribuzione delle tipologie individuate all'interno dell'area complessiva del distretto analizzato (in grigio).

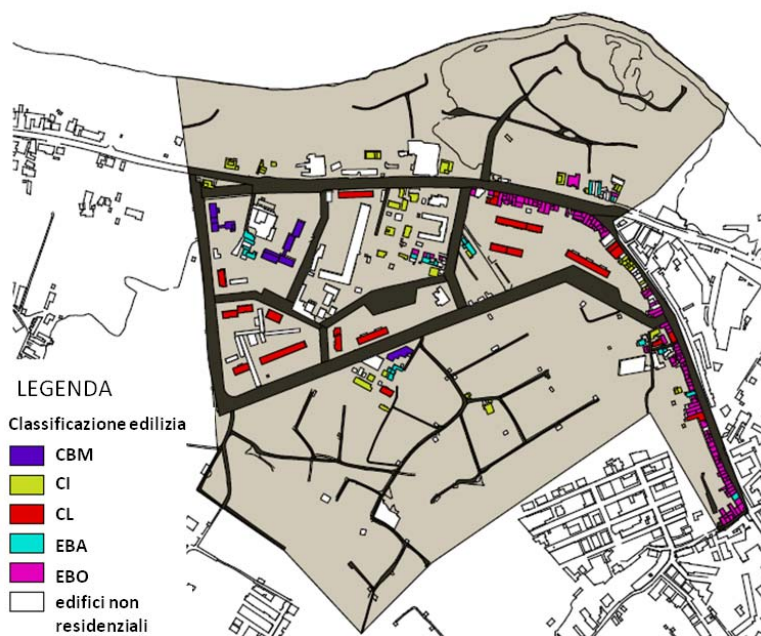


Figura 43. Tipologie edilizie del quartiere analizzato.

Allo scopo di facilitare le Amministrazioni Comunali nell'attribuzione dei valori di consumo alle tipologie edilizie individuate per lo specifico contesto che, come visto, sono facilmente desumibili dagli strumenti urbanistici vigenti di un determinato comune, i consumi sono stati calcolati rispetto al volume lordo

dell'edificato appartenente a ciascuna delle tipologie identificate (Tab. 21). I consumi per edificio tipo sono rispettivamente: EBA= 109 kWh/m<sup>3</sup>anno; CI= 85 kWh/m<sup>3</sup>anno; EBO= 77 kWh/m<sup>3</sup>anno; CL= 50 kWh/m<sup>3</sup>anno; CBM= 65kWh/m<sup>3</sup>anno.

Conoscendo, quindi, la percentuale di edifici del quartiere appartenente ad ogni tipologia (Fig. 44) rispetto al totale volume edificato, si possono semplicemente attribuire i consumi all'intero parco edilizio del quartiere (Fig. 45), ottenendo così una semplice categorizzazione energetica dello stesso che riassume l'impatto energetico che ciascuna classe tipologica ha sui consumi per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria del quartiere analizzato.

In una visione olistica dei consumi energetici di un distretto, la Tab. 21, dovrà essere completata con indicatori sintetici che riassumano le caratteristiche del distretto relative anche a trasporti, illuminazione pubblica, etc. relativamente a parametri urbanistici di facile applicazione.

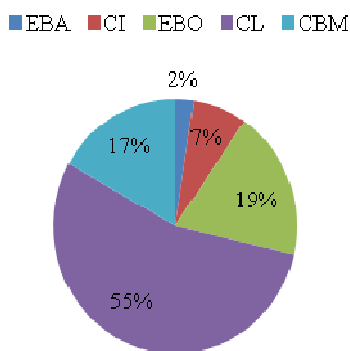


Figura 44. Percentuale di volume lordo riscaldato per le tipologie individuate rispetto al volume costruito totale del distretto

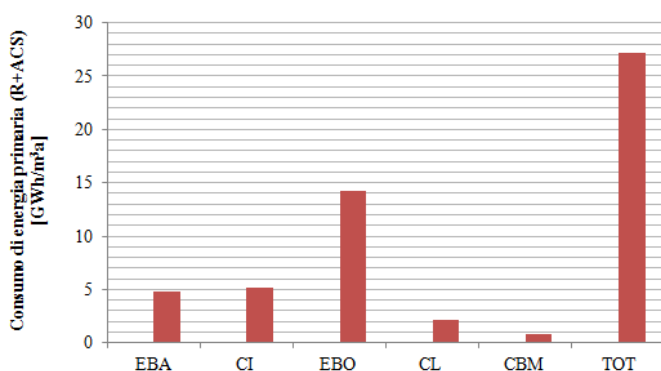


Figura 45. Consumi energetici totali del distretto per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

## **9.5 Conclusioni**

Il capitolo ha discusso l'affidabilità dei consumi energetici stimati con il software DOCET (strumento principale in Italia per l'elaborazione degli APE degli edifici esistenti, che costituiscono il database energetico per il settore edile delle Amministrazioni Comunali). Lo studio ha mostrato come i dati elaborati con tale software definiscano scenari di consumo peggiori rispetto al reale. Una revisione della versione corrente di questo strumento, volto a includere elementi che tengano conto di una simulazione dinamica negli scambi termici dell'edificio, è quindi auspicabile. Infatti, come affermato in studi precedenti e confermato nel presente studio, il consumo energetico, seppur standardizzato, se valutato utilizzando uno strumento di simulazione dinamica (come ad esempio DesignBuilder), porta ad una stima molto più realistica.

L'individuazione di range di sovrastima dei consumi energetici calcolati con il DOCET, rispetto ai consumi valutati con un profilo d'uso standard ma con strumenti dinamici, potrebbe essere utile per "correggere" i dati di consumo raccolti dalle Amministrazioni attraverso gli APE, permettendo quindi, la costruzione di scenari di efficienza energetica del parco immobiliare esistente più realistici oltre che la "correzione" dei database esistenti.

Inoltre, dallo studio condotto, si evidenzia come, il parametro "epoca costruttiva degli edifici" sia, con i limiti mostrati, il dato di input maggiormente valido per sviluppare metodi di classificazione architettonico-energetica dell'edilizia esistente.

Sulla base di ciò il capitolo ha proposto una metodologia di classificazione e stima dei consumi per stock di edifici, che parte dalle tipologie architettoniche e affiancando informazioni facilmente reperibili dagli Amministratori Comunali (ad esempio l'epoca costruttiva) definisce le tipologie architettonico-energetiche. Ciò allo scopo di fornire uno strumento che possa agevolare l'Amministrazione Comunale nel passaggio da un semplice punto di vista storico architettonico sull'analisi degli edifici esistenti ad uno che includa anche aspetti energetici.

La metodologia è stata applicata agli edifici residenziali di un quartiere della città di Palermo.

Inoltre, sono stati riportati alcuni parametri che permettono di caratterizzare un quartiere relativamente all'edificato residenziale, in modo da porre le basi per valutazioni comparative tra quartieri differenti e facilitare le conseguenti valutazioni in termini di azioni complessive di pianificazione energetica.



## **Parte IV- Le infrastrutture fisiche nella pianificazione intelligente: analisi, strumenti e progetti**



## Capitolo 10 – Integrazione d’impianti da fonte rinnovabile nel sistema energetico delle piccole isole: applicazione all’isola di Pantelleria

**Sommario-** Le piccole isole rappresentano una realtà molto interessante per lo studio delle azioni volte all’implementazione smart del territorio, soprattutto da un punto di vista energetico. Esse, infatti, costituiscono un hub naturale, i cui confini sono definiti geograficamente. Grazie al fatto di rappresentare un “microcosmo” definito, il sistema isola permette, a livello di pianificazione smart, di bypassare l’esigenza di definire scale territoriali circoscritte, come invece è stato delineato nel caso della pianificazione di distretto rispetto al contesto urbano. Il capitolo esamina l’isola di Pantelleria. L’isola, pur disponendo di risorse rinnovabili di diverso tipo, non sembra ancora pronta a cambiare in maniera radicale il proprio modello di sviluppo, attualmente poco vantaggioso. Il capitolo delinea le criticità di una pianificazione fortemente limitata da vincoli di natura paesaggistica, architettonica e anche politici, cercando di fornire una “metodologia d’analisi integrata” specifica per i contesti fortemente vincolati come quello dell’isola di Pantelleria. In più, il capitolo esemplifica il processo di riqualificazione energetica dell’isola oggetto dello studio. Partendo dall’analisi del contesto che si sviluppa attraverso un’analisi per sistemi o layers, allo scopo di rendere l’isola quasi autonoma dal punto di vista energetico, si sono individuati e discussi tre scenari progettuali che utilizzano impianti da FER: lo scenario solare, lo scenario eolico ed infine lo scenario geotermico.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nelle seguenti pubblicazioni scientifiche:

- Costantino, D., Ippolito, M. G., Riva Sanseverino, R., Riva Sanseverino, E., & Vaccaro, V. (2013). Sustainable Integration of Renewable Energy Systems in a Mediterranean Island: a case study. *Springer-KES series in Smart Innovation, Systems and Technologies*. BERLIN HEIDELBERG:Springer-Verlag
- Sanseverino, E. R., Sanseverino, R., Favuzza, S., & Vaccaro, V. (2014). Near zero energy islands in the Mediterranean: Supporting policies and local obstacles. *Energy policy*, 66, 592-602.
- Vaccaro, V. (2015). Capitolo 9 - Energia nel paesaggio: sistemi di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile a Pantelleria in Sanseverino, E. R., Sanseverino, R. & Vaccaro, V. Atlante delle *smart city*:Comunità intelligenti europee ed asiatiche, Edizione 3°, Capitolo 9, Franco Angeli, Collana Urbanistica, Editors: Franco Angeli, pp.283-308

### 10.1 Introduzione

Oramai risulta chiaro a tutti come il mondo in futuro consumerà sempre più energia con un grave peso a livello ambientale. Ma come agire per arginare i danni di tale fenomeno? La risposta, condivisa ormai a livello europeo, è usare l’energia in modo efficiente ed integrare quanto più possibile le fonti di energia rinnovabile all’interno del sistema energetico dei territori, mantenendo un occhio vigile all’identità del luogo in cui l’intervento si colloca.

Il lavoro che viene presentato in questo capitolo mira a sottolineare come l’integrazione di fonti di energia rinnovabile all’interno di un sistema energetico

fortemente dipendente dall'esterno, come quello dell'isola di Pantelleria, risulti un'azione necessaria al fine di migliorare l'efficienza complessiva del sistema e costituisca il primo passo per una pianificazione smart del territorio. In ugual modo risulta indispensabile, soprattutto quando si interviene in contesti di particolare valore, che le analisi e le valutazioni energetiche del sistema vengano condotte parallelamente ad analisi, altrettanto approfondite, che mirino alla conoscenza del patrimonio complessivo del contesto in cui si interviene.

Il lavoro mostra un esempio di applicazione di tale concetto all'isola di Pantelleria. Infatti, data la particolare valenza paesaggistica e architettonica di Pantelleria, è quanto mai indispensabile procedere ad una *analisi integrata* che tenga conto, nella valutazione di fattibilità di un intervento energetico, sia degli aspetti di producibilità e gestione del sistema elettrico, che dei limiti morfologici, naturali, architettonici e vincolistici che il contesto insulare possiede. È in quest'ottica che si ritiene indispensabile un inquadramento approfondito dell'ambito di intervento in cui si agisce, in modo da progettare un intervento realmente integrato che riproponga in chiave di sostenibilità la dimensione energetica senza impoverire l'ambiente in cui si colloca.

## 10.2 Le politiche europee per le piccole isole

Nel quadro generale delle politiche europee trattato nel Capitolo 1, rientrano anche le politiche delle piccole isole, interessate da differenti politiche europee di sostegno per le piccole comunità. A titolo di esempio si ricorda il "Patto dei Sindaci" di cui già si è parlato nel Capitolo 1, con l'obiettivo di aiutare i governi locali ad assumere un ruolo di punta nel processo di attuazione delle politiche in materia di energia sostenibile. I comuni che sottoscrivono il Patto dei Sindaci s'impegnano, infatti, a definire il *Piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES)*, ovvero lo strumento in cui vengono riportate misure e politiche concrete da attuare per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Anche l'isola di Pantelleria – oggetto del presente studio – ha aderito nel 2011 al Patto dei Sindaci e al Patto delle Isole. Quest'ultimo è uno strumento europeo specificamente progettato per supportare le comunità insulari europee; i firmatari si impegnano a soddisfare gli obiettivi fissati dall'UE entro il 2020 garantendo, come specificato nella decisione approvata dal Parlamento Europeo nel marzo 2007, che le particolari caratteristiche ambientali delle isole siano adeguatamente protette.

L'obiettivo viene raggiunto attraverso l'elaborazione di adeguati piani di sviluppo regionale che controllino il settore edificatorio nelle isole, e attraverso la definizione, con la Commissione Europea, di programmi integrati per la conservazione del patrimonio culturale e delle risorse naturali.

L'Europa, quindi, incoraggia la crescita delle comunità "intelligenti" che vadano verso soluzioni "integrate e sostenibili in grado di offrire energia pulita e sicura a

prezzi accessibili ai cittadini, che riducano i consumi e che creino nuovi mercati” come definito dal commissario europeo per l’energia Günther Oettinger.

La formula individuata, quindi, associa l’utilizzo più razionale delle risorse all’integrazione delle tecnologie pulite.

Il termine “Smart” per l’UE è riferito, in particolare, a quelle città capaci di incidere positivamente sulla qualità urbana secondo una valutazione basata sui parametri economico, sociale, culturale, ambientale, abitativo e gestionale.

Le questioni dell’autonomia energetica e dello sviluppo sostenibile delle isole e delle comunità remote sono particolarmente importanti proprio perché funzionali a sostenere la tesi secondo cui uno spostamento verso un modello energetico più autonomo e sostenibile è realizzabile. Come identificato in (Hain et al., 2005), i progetti a livello di comunità remote sono ideali per l’applicazione dei principi di autonomia energetica sostenibile; il vantaggio di questo tipo di applicazioni è la scala territoriale. La scala naturale delle isole, infatti, costituisce un banco di prova per i metodi, per le pratiche e le tecnologie che potrebbero essere utilizzate per facilitare il passaggio ad un modello energetico più autonomo per tutto il resto della società in generale (Michalena e Angeon, 2009; Mitra, 2006;. Chen et al, 2007). Inoltre una vasta gamma di questioni sono centrali per lo sviluppo di livelli più elevati di autonomia energetica all’interno delle comunità sostenibili e sono di importanza critica. Infatti, mentre la generazione e l’utilizzo di energia rinnovabile è in primo luogo una sfida tecnica con gli aspetti economici e ambientali, le conseguenze sociali e politiche del ruolo, sempre più importante, delle fonti rinnovabili nella società moderna non può essere ignorato (Rae e Bradley, 2012).

In questa cornice d’impegni nazionali e politiche d’incentivazione, le isole minori europee del Mediterraneo sono in una situazione particolare. Da una parte, in esse la produzione di energia elettrica da combustibili fossili è molto più costosa a causa dei costi di trasporto, d’altra parte, le stesse hanno spesso una forte vocazione turistica che influisce su grandi variazioni di livello di carico elettrico durante l’anno. Nella sezione seguente, queste caratteristiche sono messe in evidenza e analizzate con particolare riferimento all’isola italiana di Pantelleria.

### **10.3 Criticità del sistema energetico delle isole**

L’isola di Pantelleria, come un po’ tutte le isole, risente, dal punto di vista energetico, della condizione di isolamento geografico da un lato e dell’essere attrattiva turistica dall’altro, condizioni queste che rendono il sistema isola particolarmente delicato dal punto di vista energetico.

La crescita di popolazione concentrata in alcuni periodi dell’anno costituisce per le isole contemporaneamente una fonte di ricchezza e un problema di gestione soprattutto energetica. Infatti, la fornitura delle fonti energetiche a Pantelleria, come in tutte le isole minori siciliane, avviene attraverso il trasporto marittimo. Tale

sistema determina non solo un modello non sostenibile dal punto di vista ambientale ma anche un modello che spesso risulta incapace di garantire l'approvvigionamento energetico durante i periodi critici creando disservizi agli utenti privati e pubblici.

Le isole non connesse alla rete elettrica continentale soddisfano il fabbisogno elettrico, che è buona parte di quello energetico, essenzialmente con generatori diesel, che richiedono un costante approvvigionamento di gasolio con navi cisterna. Tali generatori, notevolmente sovradimensionati rispetto al carico invernale, sono per lo più vecchi, inefficienti ed inquinanti.

In più, dato che i costi di produzione di energia dalle fonti convenzionali, nelle piccole isole è molto più alto, se comparato con la medesima produzione nella terraferma (in quanto su esso influiscono anche i costi relativi al trasporto), le società elettriche che gestiscono il servizio di produzione e distribuzione dell'energia elettrica vengono sostenute finanziariamente da fondi stanziati e gestiti dal CIP e sostenuti dal Ministero dell'Industria (fondi erogati da Fondi di Bilancio per il settore energetico). Tale differenza di costo si verifica perché il kWh viene venduto alla medesima tariffa di quella applicata dal Sistema Elettrico Nazionale sull'intero territorio nazionale ed il relativo costo è sensibilmente inferiore a quello sostenuto dalle compagnie elettriche locali. Il fondo finanziario statale serve, pertanto, a sostenere il gap tra i due differenti costi.

In tale ambito, la necessità primaria, risulta essere quella di sensibilizzare gli enti locali direttamente interessati ad una pianificazione energetica che valuti l'utilizzo di diverse tecnologie per garantire un approccio ottimale al problema. Inoltre le difficoltà legate alla realizzazione di progetti che utilizzino energie da FER, sono anche da rintracciare nelle politiche energetiche nazionali e nella specifica situazione locale, delineata dalla presenza di un unico gestore privato che non ha nessun incentivo economico per i costi che dovrebbe sostenere (ammodernamento della rete elettrica attuale e per la realizzazione di nuovi impianti) per poter trasformare l'isola in una realtà smart.

#### **10.4 Metodologia d'analisi preliminare per valutare l'integrazione di impianti da FER nel territorio**

I nuovi approcci che sostengono l'idea di "comunità intelligente" si basano su un concetto di governance condivisa tra cittadini ed Amministrazione. Tale governance condivisa, però, non può indurre alcun cambiamento efficace nel modo in cui i territori si sviluppano soprattutto a livello energetico, perché i cittadini e, talvolta, anche le Amministrazioni Locali non possono dare un contributo sostanziale allo sviluppo di metodologie per la pianificazione territoriale e per l'uso efficiente del sistema energetico. Tale compito dovrebbe essere demandato a gruppi di tecnici con competenze interdisciplinari che devono quindi collaborare al fine di produrre linee guida affidabili per gli Enti Locali relativamente all'integrazione delle fonti di

energia rinnovabile nel contesto esistente. Tale requisito è ancora più rilevante quando i territori sono ricchi di storia e risorse naturali.

La maggior parte degli studi esistenti circa la fattibilità tecnica dell’integrazione delle fonti energetiche rinnovabili nell’ambiente costruito e nel territorio, non considera infatti l’aspetto cruciale della loro “integrazione sostenibile” con ciò che esiste nel contesto.

I progetti *Microgrids e More microgrid*<sup>127</sup>, finanziati nell’ambito del 7° PQ, propongono, per esempio, l’implementazione di microgrid in alcune isole greche senza alcuna menzione circa l’integrazione sostenibile degli impianti proposti nel territorio in oggetto (Tselepis, 2010). Solo un paio di lavori recenti considerano la questione.

Il lavoro di Lucchi (2011) analizza la questione in riferimento ad un ambiente di valenza storica e propone un approccio sistematico per l’analisi del contesto esistente e l’integrazione di nuove risorse energetiche. Inoltre una serie di iniziative europee sono state recentemente finalizzate all’analisi di tale problema attraverso progetti specifici circa l’implementazione di impianti da FER nel territorio<sup>128</sup>. Alcuni di loro usano un approccio “bottom up” che consiste nel coinvolgere gli enti locali di diversi paesi e contesti<sup>129</sup> per promuovere la rimozione delle barriere di mercato nell’Unione Europea per i sistemi di piccole FER.

Alla luce di ciò, nel capitolo viene sviluppato un approccio metodologico (Fig.46) per l’analisi del contesto insulare presentato, che deve essere intesa come valutazione preliminare all’individuazione di impianti da FER da integrare nel sistema energetico dell’isola e che possano risultare il più possibile integrati al contesto.

A valutazioni funzionali, legate alla gestione dell’energia che sarebbe prodotta da tali impianti all’interno dell’attuale sistema di distribuzione dell’isola (smart grid<sup>130</sup>) e a valutazioni economiche, si aggiunge anche la necessità di tutelare la straordinaria natura e gli insediamenti abitativi dell’isola (Fig.47). Se da un lato, infatti, il territorio abbonda di risorse energetiche rinnovabili, è anche vero che gli impianti di produzione di energia da tali fonti, inserendosi nel territorio, lo modificano profondamente. È sulla base di queste valutazioni che, tra le azioni da portare avanti verso la realizzazione di una *Smart Island*, viene proposto l’inserimento di sistemi di produzione di energia rinnovabile nell’attuale sistema elettrico dell’isola.

---

<sup>127</sup>Progetto “microgrids” and “more microgrids”. In: [www.microgrids.eu](http://www.microgrids.eu)

<sup>128</sup>Project “UP-RES”, website: <http://aaltopro2.aalto.fi/projects/up-res/>

<sup>129</sup>Project “Regions for RES” website:[http://www.res-regions.info/fileadmin/res\\_e\\_regions/WP\\_5/RES-e\\_Folder\\_01.pdf](http://www.res-regions.info/fileadmin/res_e_regions/WP_5/RES-e_Folder_01.pdf)

<sup>130</sup>Sistema di “distribuzione intelligente” per l’energia elettrica, in grado di conoscere i consumi dei vari utenti e di gestirne l’approvvigionamento attraverso l’utilizzo di tecnologie di comunicazione avanzate.

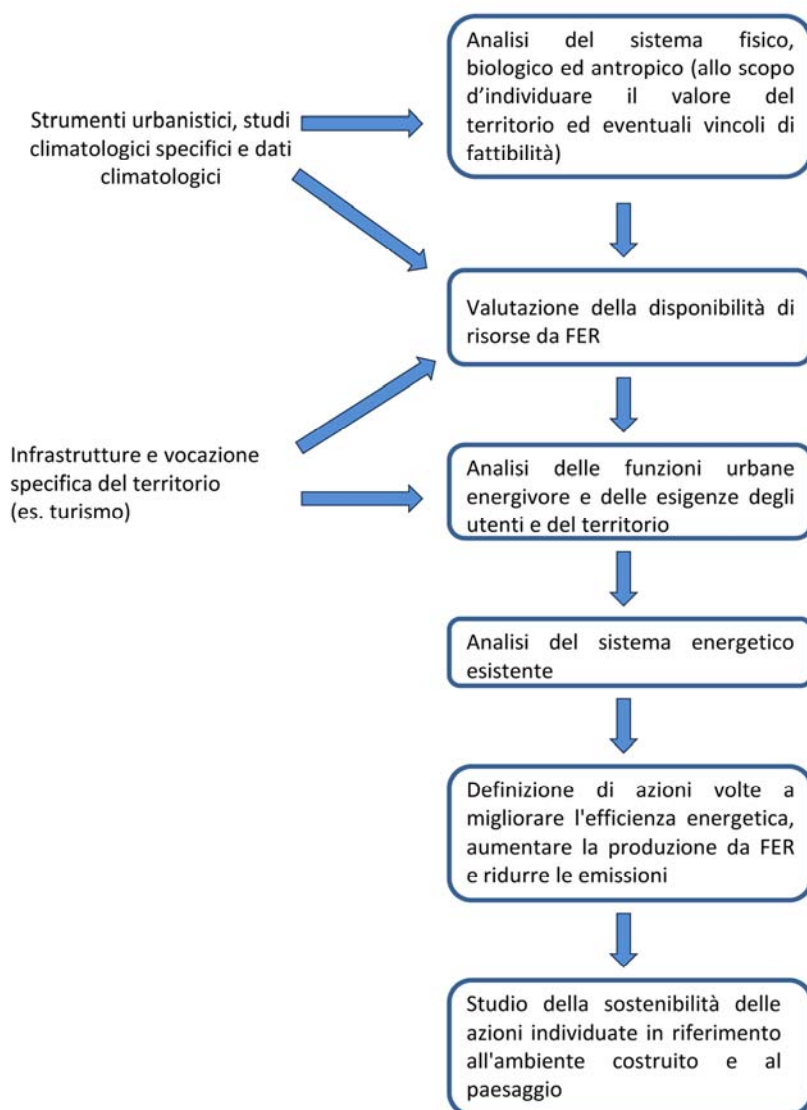


Figura 46. Approccio metodologico per effettuare valutazioni preliminari all'integrazione di impianti da FER in territori di valenza paesaggistica e storica.

Lo studio proposto, cerca di integrare i sistemi fisico-naturali ed antropici dell'isola ai sistemi energetici al fine di formulare delle proposte progettuali che tengano conto dell'identità del luogo che il sito possiede.

Alcuni dei passi della metodologia necessitano di essere eseguite da esperti provenienti da diversi settori, ma utilizzano gli stessi indicatori. Come esempio, l'analisi morfologica del territorio è parte dell'analisi preliminare necessaria per valutazioni sia paesaggistico-architettoniche che energetiche. La metodologia



utilizzata può essere funzionale anche a definire indicatori sensibili che caratterizzino i territori al fine di rendere più immediata la valutazione preliminare.



Figura 47. Tipico paesaggio Pantesco (dammusi e falesie).

La *metodologia di analisi integrata* che viene così definita (Fig. 48), parte da un’analisi approfondita del *sistema fisico, biologico, antropico ed energetico* dell’isola.

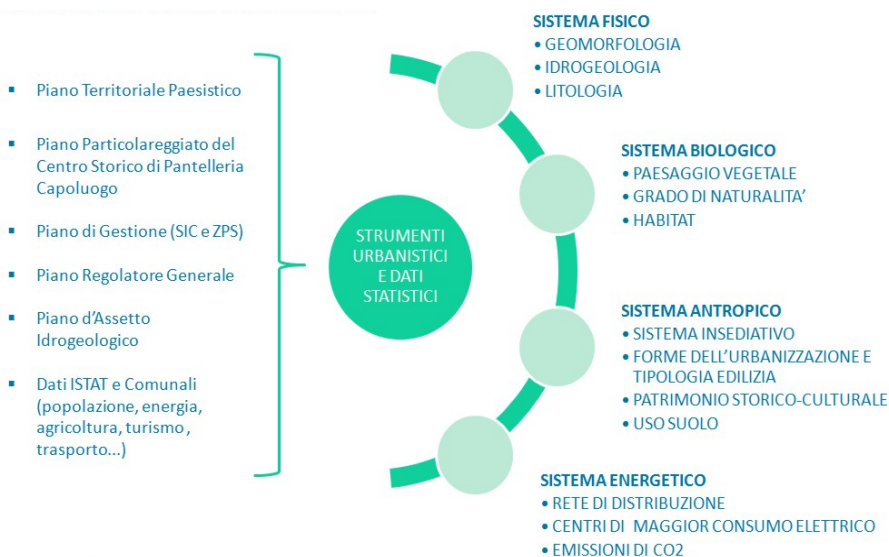


Figura 48. Metodologia integrata d’analisi del contesto

I dati e le informazioni raccolte, come ad esempio i dati statistici (che permettono di avere un quadro conoscitivo della popolazione, delle sue dinamiche di crescita, dei consumi e del trend economico dell’isola) e i dati urbanistici (rintracciabili negli strumenti urbanistici vigenti a Pantelleria, hanno permesso la localizzazione e la caratterizzazione di tutti gli elementi naturali ed antropici che definiscono il sistema isola), sono stati elaborati e combinati allo scopo di definire cartografie tematiche estese all’intero territorio insulare (scala 1:25.000 e 1:50.000) che hanno costituito parte fondamentale della base conoscitiva alla pianificazione energetico-territoriale dell’intervento proposto.

#### **10.4.1 Analisi del sistema insulare di Pantelleria: sistema fisico, biologico antropico e della produzione di energia**

L'isola di Pantelleria è situata nel Canale di Sicilia a 70 km dalla costa africana e a circa 100 km dalla costa sud-orientale siciliana. La sua superficie è di circa 83 km<sup>2</sup> ed ha una popolazione residente di circa 7800 abitanti.



Figura 49. Posizione dell'isola all'interno del Canale di Sicilia

L'isola si sviluppa in direzione NO-SE ed è ubicata in corrispondenza di una fossa tettonica sommersa, profonda circa 2000 m, che costituisce la parte sommitale di un edificio vulcanico sottomarino. La morfologia del territorio è fortemente segnata dall'attività vulcanica che si è manifestata in diverse epoche e forme (esplosive e non). Ciò ha fatto sì che ad oggi nell'isola si riscontri un assetto morfologico particolarmente vario. La struttura morfologica dell'isola ha fortemente condizionato nei secoli l'insediamento umano. Nell'isola infatti sono presenti tre principali centri abitati (il Capoluogo di Pantelleria, la contrada di Khamma-Tracino e quella di Scauri-Rekhale) che si sono sviluppati nei secoli attorno a dei nuclei storici posti a valle delle pendici montuose e in prossimità delle poche pianure. Altro elemento di particolare valore per l'isola, sono le sue numerose aree naturali protette (l'80% della superficie dell'isola, per il suo particolare carattere e la sua valenza ambientale e naturalistica, insiste in aree di valore paesaggistico).

Dal breve quadro esposto si evince come il territorio dell'isola sia particolarmente ricco e delicato, ciò obbliga a sviluppare una particolare attenzione verso il contesto nelle valutazioni fattibilità di un intervento energetico.

Nello specifico l'analisi effettuata per la valutazione preliminare degli interventi energetici ha riguardato i seguenti sistemi o layers:

- *Sistema fisico*<sup>131</sup> (Fig. 50). L’analisi ha portato alla caratterizzazione dell’assetto morfologico, che grazie alla natura vulcanica di Pantelleria, risulta particolarmente vario nelle altimetrie e nella composizione litologica, ricco di elementi morfostrutturali (coni vulcanici e depressioni calderiche) e di forme di rilievo secondarie di notevole interesse vulcanologico (duomi e scudi pantelleritici). L’attività vulcanica è chiaramente rappresentata dalle numerose manifestazioni esalative-idrotermali che si riscontrano nell’isola: sorgenti termali (Gadir, Nikà, Scauri, Lago) con temperature comprese tra i 40° e i 90°C, emissioni di gas e fumarole di basso flusso e bassa temperatura (<100 °C). Tutte espressioni di una forte anomalia del gradiente geotermico. L’isola è caratterizzata dalla quasi totale assenza di un vero e proprio reticolo idrografico, in relazione alle scarse precipitazioni (circa 400 mm/a) ed alla notevole permeabilità delle vulcaniti affioranti. L’unico elemento di idrografia è rappresentato da un lago di origine vulcanica denominato Lago di Venere. Esso si colloca in una depressione intercalderica avente una quota media di poco superiore a quella del livello del mare. Tali informazioni hanno permesso di orientare la scelta della localizzazione di impianti da fonte rinnovabile, oltre che sottolineare la presenza di bacini geotermici atti alla realizzazione di impianti che utilizzino tale fonte.

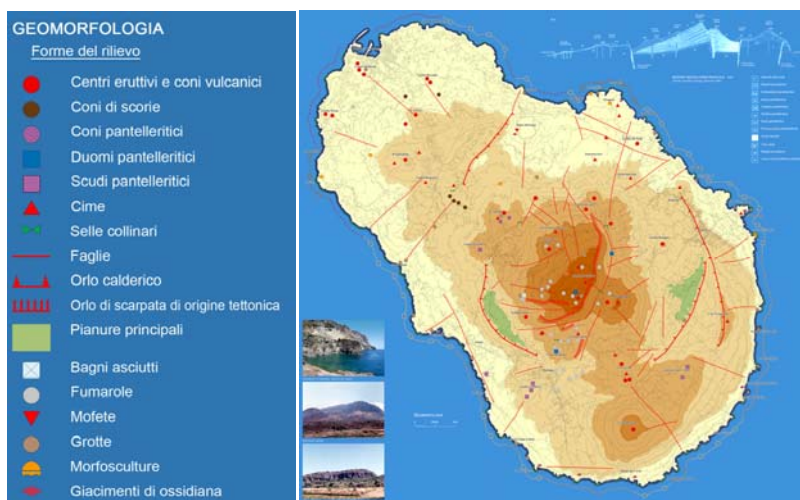


Figura 50. Stralcio carta e legenda sistema fisico dell’isola, focus su carta della geomorfologia (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b).

- *Sistema biologico* (Fig. 51). Tale analisi ha portato alla comprensione e localizzazione del patrimonio naturalistico, il cui sviluppo è fortemente

<sup>131</sup>Per l’elaborazione delle planimetrie d’analisi dei sistemi si sono utilizzate le seguenti fonti: Piano Territoriale Paesistico, Piano Particolareggiato del Centro Storico di Pantelleria Capoluogo, Piano di Gestione SIC e ZPS, Piano Regolatore Generale, Piano d’Assetto Idrogeologico, vigenti nell’isola.

legato alla posizione geografica tra costa africana e costa siciliana dell'isola, oltre che al suo carattere insulare ben distante dalla terraferma, che separandola dalla terraferma, protegge l'isola da contaminazioni botaniche. Questi elementi hanno comportato una selezione delle specie presenti ed una loro specializzazione per adattarsi al particolare ambiente che l'isola possiede. Per questi motivi, a livello europeo, il patrimonio faunistico e floristico di Pantelleria è stato riconosciuto e inserito all'interno della Rete Natura 2000 che, sulla base delle direttive comunitarie "Uccelli" ed "Habitat"<sup>132</sup>, riunisce al suo interno le aree destinate al mantenimento della biodiversità del territorio europeo. L'individuazione di SIC (Siti di Interesse Comunitario) e ZPS (Zona di Protezione Speciale), la localizzazione delle emergenze naturalistiche come delle specie dominanti, oltre che la natura del paesaggio vegetale e il suo grado di naturalità, sono stati gli strumenti che hanno permesso di comprendere il valore delle aree strettamente vincolate oltre che poter valutare eventuali interferenze e limitazioni che l'inserimento di un nuovo sistema di generazione di energia elettrica all'interno del territorio avrebbe potuto avere.

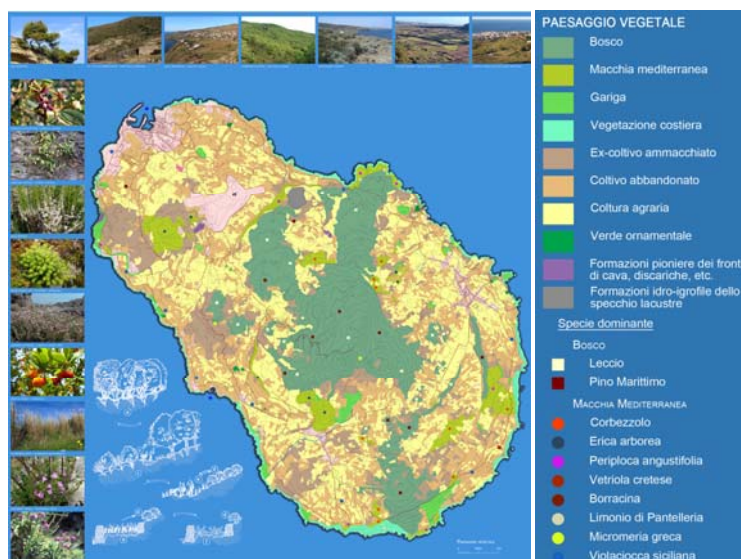


Figura 51. Stralcio carta e legenda sistema biologico dell'isola, focus su carta del paesaggio vegetale (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b).

- *Sistema antropico.* L'analisi ha permesso di chiarire la natura degli insediamenti, in termini di tipologia edilizia e dinamiche dell'urbanizzato, oltre che, attraverso l'analisi dell'"uso del suolo", di comprendere il valore

<sup>132</sup>e Direttive di riferimento per l'individuazione di SIC e ZPS sono: Direttiva Uccelli Dir.79/409/CEE e la Direttiva Habitat -Dir.92/43/CEE

della forte vocazione agricola che il paesaggio manifesta, in modo da indirizzare gli interventi al rispetto di tale elemento. All’interno dell’analisi antropica, è stata inserita anche l’analisi dei beni culturali e paesaggistici in modo da rendere possibile l’individuazione delle zone non vincolate all’interno delle quali poter collocare dei nuovi impianti da FER e poter ragionare anche sulle possibili interferenze che le azioni di pianificazione energetica possano generare su tali beni (ricordando la vocazione turistica dell’isola, il rispetto dei punti di interesse paesaggistici e culturali del territorio ha un forte peso nella valutazione finale delle azioni proposte). Nonostante la morfologia impervia, grazie ad una tecnica antica di livellamento e contenimento tramite muri a secco realizzati con roccia locale (Terrazzamenti) l’agricoltura lega a se più dell’50% del territorio dell’isola.

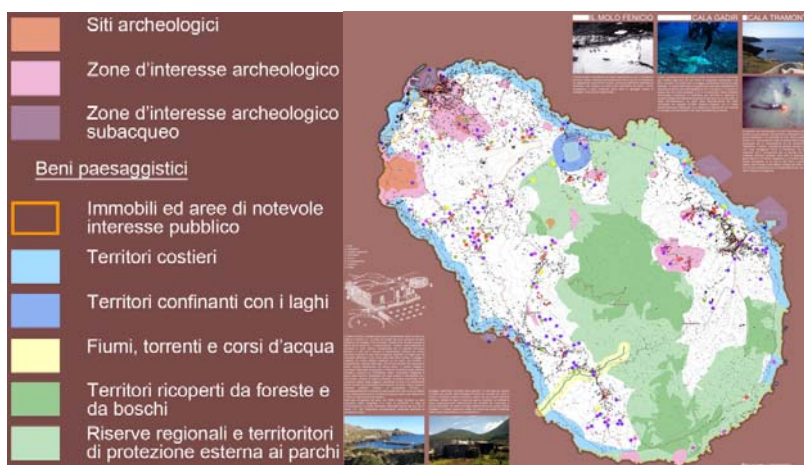


Figura 52. Stralcio carta e legenda sistema antropico dell’isola, focus su carta dei beni culturali e paesaggistici (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b).

L’unica tipologia abitativa presente sull’isola, a meno del Capoluogo di Pantelleria (ricostruito nel secondo dopoguerra secondo la tipologia di palazzetto a tre piani), è quella del dammuso. Tipica costruzione pantese, realizzata con muri in pietra a secco, piccole aperture e una copertura a cupola estradossata trattata con latte di calce. Questa tipologia che, per la sua tipicità continua ad essere l’unica tipologia abitativa utilizzata anche per le nuove edificazioni, possiede degli elementi che possono a pieno titolo inserirla tra gli esempi di architettura bioclimatica esistenti<sup>133</sup>.

<sup>133</sup>La grande inerzia termica, data dallo spessore dei muri perimetrali, che garantisce l’isolamento termico degli ambienti interni; il numero ridotto delle aperture, di piccole dimensioni e posizionate al riparo dai venti dominanti, in modo da attivare la ventilazione; l’altezza della volta di copertura, che consente all’aria calda di salire mantenendo così nei periodi estivi una mite temperatura interna; l’uso della calce che contribuisce alla protezione dall’irraggiamento solare e la stessa forma della copertura tale da



- *Sistema energetico* (Fig. 53). Tale analisi ha riguardato, oltre che la valutazione aggiornata dei consumi di energia elettrica, della loro stagionalità, della loro specificità per settore e del loro impatto ambientale (calcolando il valore delle emissioni di CO<sub>2</sub> del sistema attuale), anche la localizzazione del sistema di produzione e distribuzione di energia elettrica: individuazione delle linee di distribuzione, dei principali punti di consumo (scuole, aeroporto, porto, etc.), delle cabine di trasformazione e dei tralicci. Questi elementi hanno facilitato la corretta localizzazione dei potenziali siti di intervento per l'allaccio alla rete di eventuali nuovi impianti. Sulla base di tali conoscenze, affiancando l'analisi cartografica dei "sistemi", alla conoscenza dei vincoli urbanistici e ai dati climatologici e tecnico-progettuali di settore, riferiti ai diversi sistemi di produzione da fonte rinnovabile (direttive progettuali e proposte di mercato che hanno riguardato i sistemi solari, eolici e geotermici), si sono creati gli strumenti di pianificazione dell'intervento energetico.

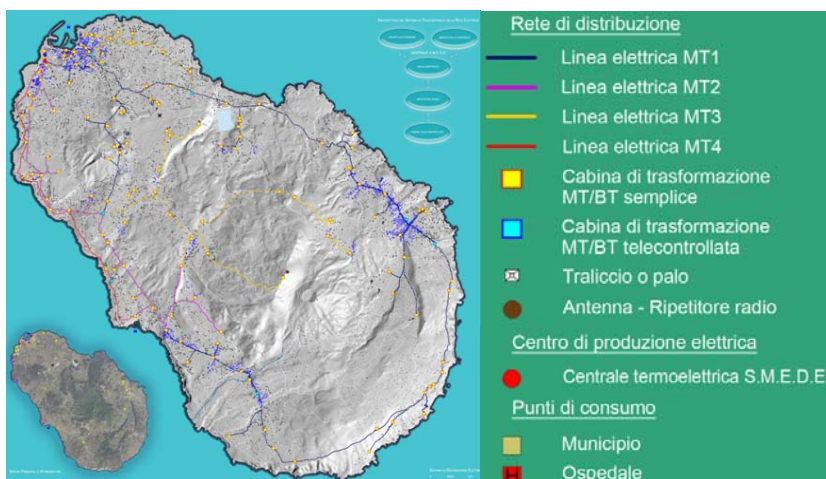


Figura 53. Stralcio carta e legenda sistema energetico dell'isola (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)

Lo studio infatti, partendo dal dimensionamento di massima elaborato dall'Enea e dall'attuale DEIM<sup>134</sup> dell'Università di Palermo nel 2010 all'interno del lavoro dal titolo *Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive* (Graditi et al., 2010) che ha individuato le risorse di energia da fonte rinnovabile presenti nell'isola), dopo aver definito gli attuali consumi di energia elettrica dell'isola (Scenario 0), ha

permettere la raccolta dell'acqua piovana e il convogliamento in cisterne interrato (data la scarsità di risorse idriche che l'isola possiede), sono tutti elementi che denotano come la tipologia esistente risponda alle esigenze ambientali che l'isola richiede.

<sup>134</sup>Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici.

sviluppato tre scenari di progetto che hanno riguardato l’utilizzo della risorsa solare, eolica e geotermica.

#### **10.4.2 Analisi delle funzioni energivore e del fabbisogno energetico dell’isola<sup>135</sup>**

L’isola di Pantelleria è energeticamente dipendente in toto dall’esterno, non dispone di alcuna fonte locale di energia tradizionale, ad esclusione di qualche impianto fotovoltaico di piccola taglia già installato, come per esempio in corrispondenza del tetto dell’ospedale.

Le fonti energetiche entranti nell’isola, rimaste inalterate per tipologia dal 1972 ad oggi, sono:

- Gasolio;
- Benzina;
- GPL.

Il grafico seguente (Fig. 54) mostra come i consumi di combustibile fossile a Pantelleria siano notevolmente più elevati dei consumi regionali e provinciali; ciò risulta legato all’inefficienza del sistema dei trasporti (a cui è principalmente legato il consumo di benzina) e alla centralità dell’uso dell’energia elettrica in svariati settori (soprattutto quello residenziale e quello produttivo).

Escludendo il settore dei trasporti, nell’isola, l’energia elettrica è la principale forma di energia utilizzata non esistendo reti di distribuzione di gas naturale o di calore da utilizzare per il riscaldamento domestico e la produzione di acqua calda sanitaria, che sono, peraltro, i due settori di maggior utilizzo energetico.

Nel confronto è da sottolineare il diverso utilizzo delle fonti energetiche. In ambito provinciale e regionale, infatti, l’uso del GPL è legato essenzialmente al settore trasporti a differenza di Pantelleria in cui l’utilizzo è domestico; più simile è invece l’utilizzo del gasolio che compete al settore agricolo (ad uso dei macchinari), dei trasporti e domestico (principalmente riscaldamento), anche se a Pantelleria si aggiunge un considerevole utilizzo dello stesso per la produzione di energia elettrica.

Il gasolio in ingresso nell’isola è classificato in funzione degli usi finali in:

- Gasolio marino, destinato al rifornimento dei natanti presenti nell’isola ad eccezione dei traghetti e delle navi merci che quotidianamente vi approdano e che si riforniscono in terraferma, copre il 5% del gasolio in ingresso dell’isola;

---

<sup>135</sup>Tutti i dati riferiti all’isola di Pantelleria presentati in questo lavoro derivano dall’elaborazione personale di dati provenienti dal Comune di Pantelleria e dal deposito carburante dell’isola (D’Aietti Petroli S.r.l) riferiti al 2011.

- Gasolio ad Imposta di Fabbricazione Ridotta (I.F.R.), destinato all'alimentazione della centrale termoelettrica, (81% del gasolio utilizzato complessivamente nell'isola);
- Gasolio da autotrazione (14% del totale del gasolio in ingresso nell'isola).

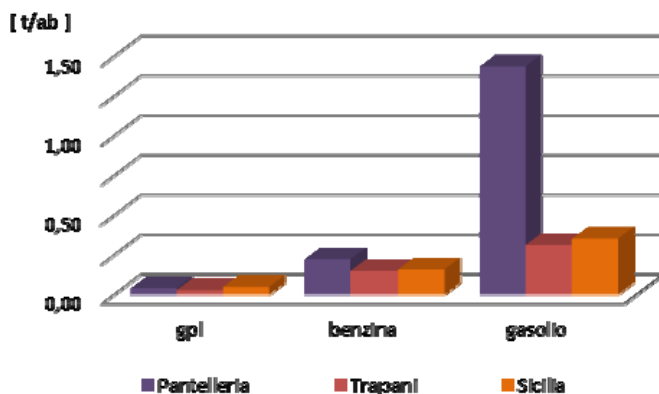


Figura 54. Confronto tra i consumi di combustibili fossili in tonnellate equivalenti di petrolio a persona (TEP / persona) tra l'isola di Pantelleria, la provincia di cui fa parte, Trapani, e la Regione di cui fa parte, Sicilia - 2011- Elaborazione dati (Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità, 2012; SMEDE SpA, 2011; Istat, 2011).

Il grafico successivo mostra il trend dei consumi di gasolio negli anni, dal 1972 al 2011 (Fig. 55).

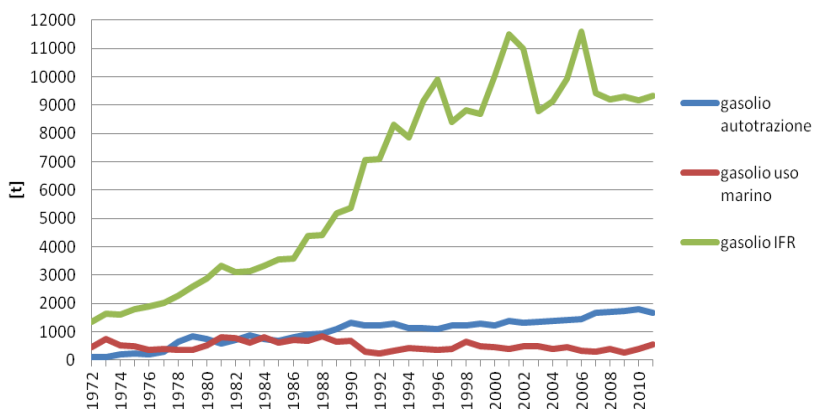


Figura 55. Trend di consumo di gasolio negli anni a Pantelleria (SMEDE SpA, 2011)

Il gasolio autotrazione comprende il trasporto gommato relativo anche ai cantieri edili, oltre che quello legato all'attiva industriale (stabilimenti enologici e attività agricola).

Il gasolio marino viene utilizzato esclusivamente dalla marineria da diporto, dai pescherecci ed dalle motovedette delle forze amate presenti sull'isola e presenta una notevole instabilità dei consumi negli anni.



Il gasolio IFR è utilizzato dalla centrale termoelettrica per la produzione di energia elettrica. Riguardo a tali consumi va comunque considerato che il forte aumento dal 1991 ad oggi è dovuto alla presenza di due dissalatori.

Per quanto concerne i consumi di benzina da autotrazione, il cui utilizzo viene riservato al trasporto gommato, il trend di crescita è lineare negli anni, tranne negli ultimi cinque anni in corrispondenza dei quali si registra un calo dei consumi probabilmente dovuto all’aumento del costo della stessa, alla sostituzione di parte del parco veicolare con mezzi di trasporto più efficienti e alla quasi totale abolizione di mezzi agricoli utilizzando questo vettore energetico.

Al fine di individuare il bilancio energetico dell’isola di Pantelleria, le grandezze relative ai consumi di energia primaria sono state rese omogenee esprimendole in Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP)<sup>136</sup>. Dal grafico (Fig. 56) si nota come il consumo energetico totale netto al 2011 sia di 12.760 tep, in esso sono inoltre facilmente distinguibili le perdite di produzione dovute alla trasformazione e trasporto dell’energia elettrica, calcolati dalla differenza tra il totale lordo ed il totale netto.

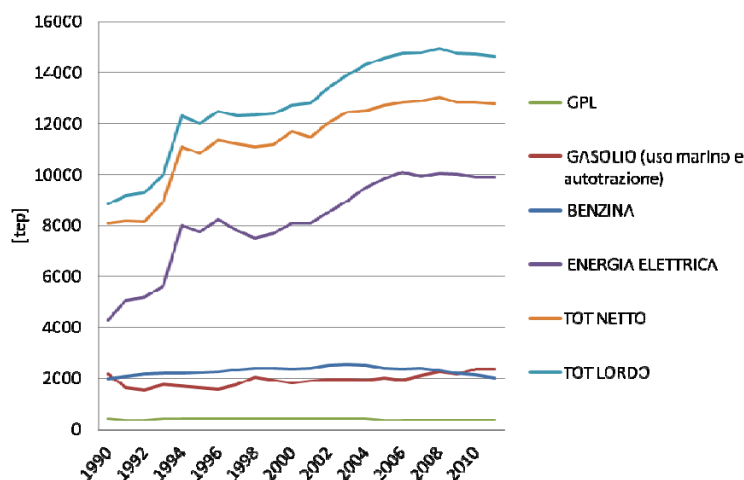


Figura 56. Bilancio energetico dell’isola di Pantelleria. Elaborazione personale dati forniti da (Eni Spa, Deposito Costiero di Pantelleria; SMEDE Spa; 2011

L’evoluzione della produzione di energia elettrica dal 1990 al 2011 rispetto ai valori regionali e nazionali è la seguente (Fig. 57). Il grafico mostra come l’uso del

<sup>136</sup>La conversione è stata calcolata secondo i coefficienti riportati nella tabella A della Circolare del Ministero dell’Industria, del Commercio e dell’Artigianato del marzo 1992, n. 219/F per i combustibili fossili e il coefficiente di valorizzazione dell’energia elettrica secondo l’ art. 21 della stessa Circolare. Si è assunto per il gasolio il valore di 1t = 1,08 tep, per il gas di petrolio liquefatto (GPL) di 1t = 1,10 tep e per la benzina di 1t = 1,20 tep, per l’energia elettrica 1tep = 0,23MWh, si sono inoltre rapportati questi consumi ai residenti registrati dall’ultimo censimento Istat esprimendo così il consumo in tep/ab (Project “UP-RES”, website: <http://aalto2.aalto.fi/projects/up-res/>; Project “Regions for RES” website: [http://www.res-regions.info/fileadmin/res\\_e\\_regions/WP\\_5/RES-e\\_Folder\\_01.pdf](http://www.res-regions.info/fileadmin/res_e_regions/WP_5/RES-e_Folder_01.pdf)).

vettore elettrico sia prevalente, rispetto alla realtà della Regione Siciliana giungendo addirittura ad equiparare negli anni 1994-1998 quello nazionale.

La dipendenza dal vettore elettrico è aumentata esponenzialmente nell'ultimo ventennio tenendo comunque conto che la dissalazione dell'acqua marina avviene dal 1994 interamente sfruttando l'energia elettrica fornita ai due dissalatori, elemento questo che giustifica il picco del 1994.

L'aumento progressivo di energia prodotta dalla centrale di Pantelleria è legato all'immissione dei dissalatori nei consumi elettrici, all'aumento del fabbisogno energetico delle utenze e quindi del carico e alla progressione delle perdite energetiche dovute alla vetustà degli impianti (Fig. 58).

Si nota che non tutti i GWh annui prodotti dalla centrale vengono immessi in rete e quindi ad uso delle utenze, infatti una cospicua percentuale è relativa alle perdite (trasformazione, trasporto, 21% nel 2011) dovute all'inefficienza del sistema che progredisce con gli anni.

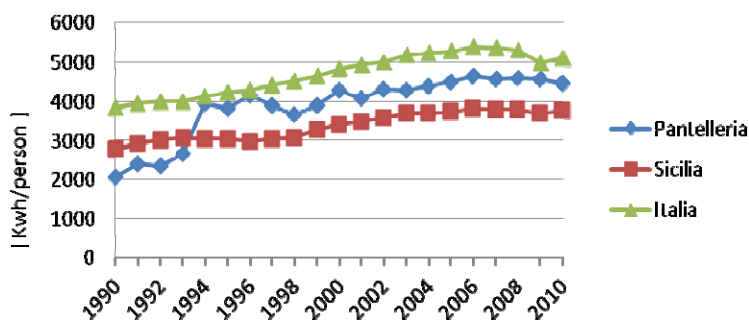


Figura 57. Confronto tra dati di consumo di energia elettrica procapite a livello insulare, regionale e nazionale. Elaborazione personale dati (Inglese, 2004).

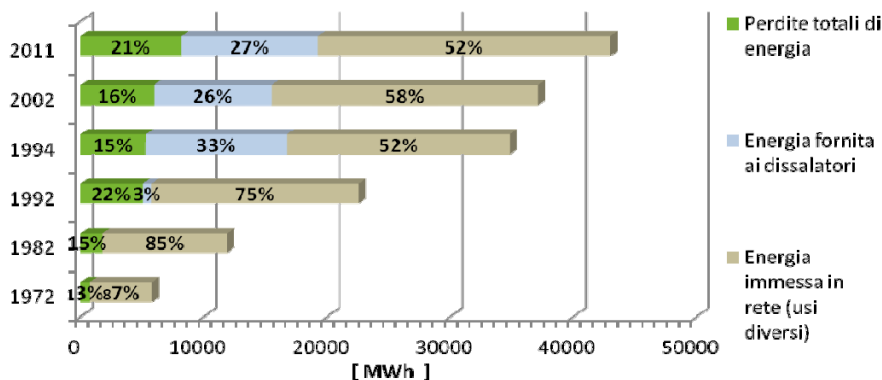


Figura 58. Andamento dei consumi di energia elettrica e perdite del sistema elettrico dell'isola. Elaborazione personale dati (SMEDE SpA, 2011)

Il fabbisogno dell'isola, viene soddisfatto esclusivamente dalla produzione della centrale (centrale SMEDE), a meno di qualche pannello fotovoltaico ad uso privato.

I consumi sono molto fluttuanti durante l’anno (Fig. 59): metà della domanda annuale si ha tra Giugno e Settembre, con picchi di assorbimento ad Agosto, nelle ore serali. Il carattere fluttuante del consumo di energia elettrica ha reso infatti necessario il sovradimensionamento del parco di generazione diesel rispetto alla domanda di potenza invernale, tale condizione apporta dei costi di gestione elevati, dovuti all’utilizzo incostante del sistema e alla manutenzione di impianti non sempre in funzione.

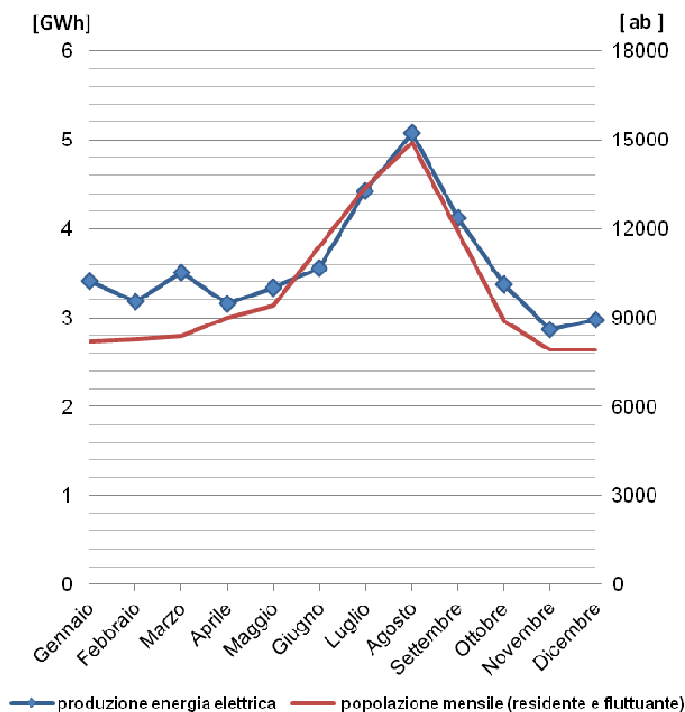


Figura 59. Produzione mensile di energia elettrica e popolazione, anno 2011. Elaborazione personale dati (SMEDE SpA, 2011)

Riguardo agli usi finali di energia elettrica (Fig. 60) il settore residenziale, non considerando il comparto dissalazione, risulta essere il più energivoro, mentre un po’ più di un quarto dei consumi sono imputabili complessivamente alla fornitura di servizi turistici, all’attività agricola ed a quella industriale.

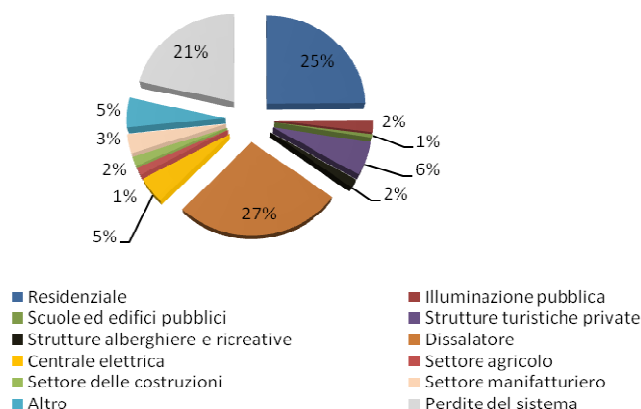


Figura 60. Usi finali di energia elettrica dell'isola al 2011. Elaborazione personale dati (SMEDE SpA, 2011)

### 10.4.3 La centrale e il sistema elettrico dell'isola

Il parco di generazione diesel è costituito da otto gruppi elettrogeni alimentati a gasolio più due turbine, con una potenza installata complessiva di circa 20 MW e un fattore di carico di 0,243, dovuto all'alternanza dell'impiego effettivo delle diverse sezioni della centrale. La centrale copre il fabbisogno energetico dell'isola che è di 43 GWh annui contro una produzione potenziale di 173GWh annui. Il sistema elettrico a servizio dell'isola è un sistema isolato, non collegato cioè al sistema elettrico nazionale. Esso è costituito da una centrale termoelettrica per la produzione di energia e da una rete di distribuzione in media tensione di tipo radiale, che esercita alla tensione nominale di 10,5 kV. La rete presenta 150 cabine MT/BT dalle quali si diparte la rete in bassa tensione per la distribuzione capillare dell'energia in tutta l'isola. Dalla centrale termoelettrica di produzione (gestita dalla SMEDE Spa), che è costituita da 8 gruppi elettrogeni alimentati a gasolio di potenza complessiva pari a 20 MW, si dipartono 4 linee in media tensione che alimentano le sopra citate cabine dislocate sul territorio dell'isola. L'intera rete elettrica presenta un sistema di automazione e controllo formato da un DCS (Distributed Control System) in centrale e uno di telecontrollo di alcune cabine secondarie. L'intero sistema permette di attuare un'eventuale regolazione del livello di frequenza e tensione agendo sull'eccitazione delle macchine e di monitorare a scopi diagnostici il funzionamento della rete in modo da permettere la manutenzione e in caso di guasti un limitato disservizio del sistema.

## 10.5 Analisi di alcuni parametri sensibili nell’inserimento di impianti FER nel sistema isola

Alla luce di quanto si evince dall’analisi effettuata fino ad ora, soprattutto relativamente al sistema energetico che l’isola possiede, prende forza la necessità di un intervento energetico all’interno del sistema insulare. Diventa quanto mai importante mettere in dubbio la convenienza economica dell’attuale sistema, di per se già ecologicamente insostenibile, mediante il confronto con un’alternativa energetica che invece utilizza le risorse rinnovabili del luogo.

Le fonti rinnovabili hanno bisogno, per essere avviate, di una spinta iniziale, di un appoggio finanziario esterno, ma una volta superato il momento critico iniziale riescono a stare in piedi da sole; l’attuale sistema invece necessita di un supporto finanziario ogni anno, non considerando poi l’aggravante di inquinamento ambientale. La necessità di inserire impianti di produzione da fonte rinnovabile nel sistema energetico dell’isola non può direttamente evolversi nella fattibilità degli stessi interventi. Nel caso di Pantelleria, come già accennato, particolare peso hanno, oltre che le valutazioni di fattibilità tecnica che tali interventi necessitano, anche valutazioni di carattere politico - economico, culturale e paesaggistico.

### 10.5.1 Fattibilità tecnica

La fattibilità di un progetto che si avvale delle risorse rinnovabili è strettamente legato alla qualità delle tecnologie esistenti che permettono di sfruttare al meglio le risorse presenti nel sito d’intervento. I tempi per la maggioranza delle tecnologie sono ormai maturi. Ciò che sul piano tecnico limita l’inserimento di tali impianti all’interno del sistema elettrico dell’isola di Pantelleria è probabilmente riscontrabile nelle difficoltà di adeguamento dell’attuale infrastruttura elettrica nella necessaria conversione di tale sistema da impianto unidirezionale a bidirezionale.

E’ noto infatti come la gestione efficiente dei flussi energetici provenienti da sistemi di produzione di energia rinnovabile e la capacità delle infrastrutture di trasmissione dell’energia di sopportare tali immissioni, siano elementi indispensabili per una corretta progettazione e gestione di questi nuovi sistemi.

Lo scenario futuro, quindi, è quello di una rete intelligente (*Smart Grid*), cioè attiva, in grado di soddisfare le crescenti esigenze di flessibilità, economia ed affidabilità per i consumatori, ma anche di assorbire l’energia prodotta da un sistema di generatori distribuiti nel territorio e di trasferirla ad altre aree in deficit energetico con un flusso dal basso verso l’alto, fino ad ora impossibile.

La gestione delle reti di distribuzione tradizionali aveva come obiettivi principali la copertura del diagramma di carico prodotta da un’unica centrale. L’ingresso nel mercato di piccoli produttori di energia e la presenza di profili di carico modulabili, in ragione del prezzo dell’energia, hanno aperto nuovi scenari caratterizzati necessariamente da un elevato livello di automazione e di controllo. Altri aspetti che

caratterizzano la moderna distribuzione dell'energia sono, la presenza di impianti di produzione dell'energia da fonte rinnovabile e non dispacciabile.

Il sistema di controllo della rete originariamente ad intelligenza centralizzata e con una rete di sensori (rete di campo) per la raccolta delle misure ridotta al minimo (come è il caso di Pantelleria), oggi diventa un sistema ad intelligenza distribuita caratterizzata da flussi di dati e comandi bidirezionali e capace di fornire all'utente le informazioni necessarie ad impostare una contrattazione nel mercato libero dell'energia.

L'installazione da parte dei grossi distributori dei contatori elettronici va senz'altro in questa direzione, anche se la soluzione tecnica prospettata non è al momento sempre integrabile con altre tecnologie.

Tale provvedimento ha senz'altro segnato il primo passo verso la nascita delle smart grid (reti di distribuzione che implementano tecnologie ICT per aumentare l'efficienza energetica e decentralizzare la produzione di energia elettrica). Le 'smart grid' includono in larga misura generatori basati su fonti rinnovabili e anche per tale motivo le problematiche di gestione per garantire alcuni minimi standard di qualità nel servizio di fornitura diventano più complesse.

Sia nel caso di rete di distribuzione elettrica isolata dalla rete nazionale (il caso di Pantelleria), che di rete connessa, le infrastrutture necessarie a garantire la completa automazione di un sistema di distribuzione e quindi intelligente sono le seguenti:

- Una rete di campo per la raccolta delle misure di grandezze elettriche;
- Un sistema di trasmissione dei dati;
- Più sistemi di elaborazione delle informazioni.

Si nota immediatamente come, rispetto alle reti elettriche tradizionali, le Smart Grid sfruttano al massimo i vantaggi offerti dall'era digitale

La fattibilità tecnica di un intervento di inserimento di sistemi di energia rinnovabile all'interno dell'isola è stata ampiamente affrontata in uno studio sperimentale condotto dall'ENEA e dal DIEETCAM dell'Università di Palermo nel 2010 (Graditi et al., 2010; Cosentino et al., 2012). Nel lavoro sono accuratamente delineati da un punto di vista tecnico gli elementi (architettura e struttura del sistema di controllo, soggetti coinvolti nella gestione della rete, obiettivi e modalità operative del sistema, punti di controllo e di misura della rete, sistemi di comunicazione utilizzati, etc.) e le azioni necessarie per convertire il sistema di distribuzione elettrico dell'isola di Pantelleria in rete attiva.

Tale innovazione se da un lato garantirebbe:

- la riduzione delle perdite di energia per trasmissione e distribuzione, con conseguenti minor costi e minor livello di emissioni di CO<sub>2</sub>;
- una migliore qualità del servizio agli utenti, diminuendo i black-out e l'interruzione della distribuzione su parti della rete dovuta alla continua manutenzione del sistema attuale;

- la promozione e la diffusione delle fonti rinnovabili e quindi della generazione distribuita e di un utenza attiva che può, attraverso varie forme di controllo dei consumi (contatori intelligenti), attuare delle politiche di libera gestione degli stessi con il conseguente risparmio in termini economici che deriva da tali politiche (Costantino, 1997);

dall’altro vede nei lunghi tempi di realizzazione, negli elevati investimenti da sostenere nell’ICT (Information & Communication Technology), nei vincoli tecnici per il controllo dei generatori remoti e per la previsione della produzione e gestione dei flussi di energia, ma soprattutto nella mancanza di accordi politici comunali e nazionali, gli ostacoli nella sua implementazione.

### ***10.5.2 Fattibilità politico - economica***

Un approfondito esame fa emergere che i sistemi energetici nelle Isole Minori, possono essere considerati, ad oggi, “doppiamente dipendenti”.

La produzione di energia elettrica attraverso gasolio, della maggior parte delle isole minori, è reso difficile e gravoso a causa del penalizzante trasporto marino, oltre che dipendere costantemente da risorse esogene. Secondo il meccanismo della “Cassa Conguaglio” questo risulta essere dipendente anche economicamente e in modo continuativo da tutti i contribuenti italiani. Infatti, gli alti costi di generazione di energia elettrica nelle isole sono “compensati” da un sussidio statale che oltre che assicurare la componente di utile dell’impresa assicura il ripianamento delle perdite di bilancio derivanti dalla produzione di energia elettrica a costi obiettivamente svantaggiati, permettendo agli utenti di pagare per kWh consumato il prezzo della tariffa unica nazionale. Ogni anno quindi, in base ai bilanci presentati dalle aziende elettriche minori non trasferite all’ENEL, viene corrisposto a queste un conguaglio monetario per ogni kWh prodotto per riportarle in parità il bilancio.

Nella delibera n. 63/02 dell’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas (Assessorato dell’Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità, 2012) sono specificati le aliquote di integrazione spettanti alle imprese elettriche minori. Nello specifico dell’isola di Pantelleria è stabilito che lo Stato Italiano debba corrispondere 0,1479 € per ogni kWh venduto, ciò significa che nel 2011 la SMEDE avendo venduto 34.828 MWh (dati società elettrica SMEDE Pantelleria SpA) ha ricevuto 5.151.061 € per coprire le perdite di bilancio.

Questo sistema, se da un lato mira a contenere le spese dei produttori di energia delle isole minori, costituisce un freno all’implementazione dei sistemi di energia rinnovabile all’interno dell’isola in quanto gli alti costi di produzione dell’energia elettrica, dovuti all’essere obsoleto del sistema di gestione, non gravano direttamente né sul produttore-distributore né sugli utenti finali che non percependo direttamente gli alti costi per kWh consumato non sono educati alla cultura del risparmio e all’uso razionale dell’energia.

Un altro elemento che non incentiva alla fattibilità di interventi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili ad ampia scala nelle isole minori, è legato alla normativa nazionale relativa alla produzione di energia da fonte rinnovabile e all'efficienza energetica.

Il D.M. 20-7-2004 “sull’incremento dell’efficienza energetica degli usi finali di energia, il risparmio energetico e lo sviluppo delle fonti rinnovabili“ (Ministero delle Attività Produttive, 2004) stabilisce tra i suoi punti, i principi di valutazione dell’ottenimento dei risultati di misure e interventi di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili definendo obbligatori tali interventi per le imprese di distribuzione con più di 50.000 utenti, lasciando così la maggior parte delle isole minori fuori da tale cogenza (Pantelleria ha circa 8.000 abitanti). La norma identifica tali distributori come soggetti volontari, che possono cioè vendere i TEE<sup>137</sup> (Titoli di Efficienza Energetica), ottenuti da eventuali adempimenti volontari agli obblighi del Decreto, ai distributori soggetti all’obbligo, avendo così un ruolo determinante nell’attuazione di tale meccanismo di incentivazione.

Il Dlgs. n. 79 16/03/1999 “Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica” definisce in merito alle piccole reti isolate i criteri e gli obiettivi da perseguire volti a garantire la sicurezza, efficienza ed economicità del servizio, lo sviluppo, ove possibile, dell’interconnessione con la rete di trasmissione nazionale; utilizzo prioritario delle fonti rinnovabili.

Da tale analisi si evince come il problema delle isole minori non sia adeguatamente affrontato dalla normativa nazionale. Esse non incentivando l’utilizzo di fonti rinnovabili, avalla la noncuranza dei piccoli distributori che non sono economicamente incentivati a sostenere i costi di nuovi sistemi di produzione di energia rinnovabile (Miceli et al., 2008).

### ***10.5.3 Contesto culturale***

Un progetto di Smart Island, che nella sua interezza riguarda l’attuazione di politiche intelligenti di gestione dei flussi energetici, ma anche di gestione dei rifiuti, dei consumi idrici e della mobilità interna, volte alla sostenibilità ambientale (tutti parametri sensibili a Pantelleria a causa della sua condizione di insularità e correlata dipendenza dalla terra ferma), ha bisogno di due elementi fondamentali

---

<sup>137</sup>Per adempiere agli obblighi di risparmio energetico stabiliti dal D.M 20/07/2004 i distributori possono attuare progetti che migliorino l’efficienza energetica o acquistare da terzi “titoli di efficienza energetica” (TEE). La possibilità di scambiare titoli di efficienza energetica consente ai distributori che incorrerebbero in costi marginali relativamente elevati per il risparmio di energia attraverso la realizzazione diretta di progetti, di acquistare titoli di efficienza energetica da quei soggetti che invece presentano costi marginali di risparmio energetico relativamente inferiori e che pertanto hanno convenienza a vendere i propri titoli sul mercato. Il meccanismo garantisce che il costo complessivo di raggiungimento degli obiettivi fissati risulti più contenuto rispetto ad uno scenario alternativo in cui ciascuno dei distributori fosse obbligato a soddisfare gli obblighi di risparmio energetico sviluppando in proprio progetti per l’uso razionale dell’energia.



per la sua corretta definizione che nel linguaggio della “pianificazione smart” si identificano nella Smart Governance e nella Smart People.

Infatti, gli obiettivi che l’Amministrazione locale si prefissa per mettere in atto tale innovazione devono essere raggiungibili, quantificabili, condivisi tra tutti gli stakeholders e definiti nel tempo per poter passare all’elaborazione di un piano strategico e di una road map con una quantificazione degli investimenti e dei possibili ritorni e, infine, costruire un sistema di indicatori per monitorare il progetto, “misurarne” le componenti, le lacune, i progressi, e i passi che ancora restano da compiere.

Per fare questo, l’Amministrazione Comunale deve investire su professionalità qualificate e competenti, che siano in grado di gestire processi innovativi e che sappiano guardare lontano con interventi basati su un approccio complessivo e non occasionale. Un progetto Smart non “risponde” solo al governo della giunta comunale, ma è la governance di soggetti pubblici e privati, che detengono la conoscenza, che condividono processi, che producono innovazione, che non si rispecchiano in un modello gerarchico. Il termine Governance, infatti, indica non solo un processo di condivisione, ma anche una capacità di previsione e una volontà di favorire l’innovazione. E’ uno scenario che richiede alle Pubbliche Amministrazioni grandi capacità di project management, gestione di nuove tecnologie e nuove modalità di relazione con tutti gli attori coinvolti. L’ente locale deve ridefinire il suo ruolo, non è più infatti committente per beni o prodotti, ma deve saper valutare le soluzioni ai problemi in modo trasversale, deve essere elemento di aggregazione di soggetti differenti e facilitatore nella realizzazione degli interventi, condividendo le scelte con la cittadinanza e instaurando una partnership con i soggetti privati.

Alla luce di quanto detto è chiaro come i processi di ottimizzazione delle risorse interne all’isola necessitino fortemente di un organo di tecnici qualificati che affiancando l’attuale Amministrazione Comunale dell’isola, possano mettere in atto risposte specifiche ed elaborare protocolli operativi per la gestione del territorio. Non è da sottovalutare inoltre, in un contesto di piccola comunità locale (8.000 abitanti) come quello dell’isola di Pantelleria, l’attuazione del modello di partecipazione congiunta Amministrazione-cittadini per dar luogo a processi “bottom up” che mirino a gestire in maniera integrata e olistica risorse e strumenti.

A tal fine, essendo quello di Pantelleria un contesto culturale che a pieno (nei punti di forza e in quelli di debolezze) rientra nel modello socio-culturale isolano, caratterizzato quindi da elementi quali: fenomeni di pendolarismo, dovuti alla limitata offerta scolastica che spesso portano all’abbandono degli studi, emigrazione dei giovani in età da lavoro a causa delle limitate opportunità in loco, difficoltà nell’innovazione tecnologica legati agli ingenti costi per le molte aziende a conduzione familiare dell’isola, ma anche tasso di natalità positivo, alta percentuale di individui al di sotto dei cinquanta anni, forte attaccamento al territorio e alla

propria cultura, forte desiderio di investire nel proprio territorio, risulta di fondamentale importanza mettere in atto interventi di sensibilizzazione ed educazione dei cittadini ai temi della sostenibilità energetica in modo da poter concretizzare la collaborazione attiva e rendere tali interventi condivisi e per questo di migliore riuscita.

### **10.5.4 Contesto paesaggistico - ambientale**

In merito al contesto paesaggistico dell'isola e allo studio dei parametri sensibili che caratterizzano in tal ambito l'isola di Pantelleria, si è ampiamente discusso nel paragrafo 9.4.1, sottolineando l'importanza di un'analisi integrata dei vari sistemi: fisico, biologico, antropico ed energetico per l'individuazione dei possibili scenari d'intervento. Si specifica che le planimetrie d'analisi sono state elaborate sulla base dei seguenti strumenti urbanistici che regolano il territorio di Pantelleria: Piano Territoriale Paesistico, Piano Particolareggiato del Centro Storico di Pantelleria Capoluogo, Piano di Gestione SIC e ZPS, Piano Regolatore Generale, Piano d'Assetto Idrogeologico.

## **10.6 Definizione di scenari progettuali**

### **10.6.1 Scenario 1: Solare<sup>138</sup>**

I dati climatologici dell'isola mostrano come questa sia investita da una radiazione solare di 1,69 MWh/m<sup>2</sup>/anno che varia da un minimo di 1,90 kWh/m<sup>2</sup>/g in Gennaio ad un massimo di 7,2 kWh/m<sup>2</sup>/g in Luglio. L'andamento su base annua dell'irraggiamento è analogo a quello della popolazione che aumenta notevolmente nei mesi estivi, e quindi grosso modo a quello del carico elettrico.

L'energia solare copiosamente disponibile può essere utilizzata per la produzione di energia elettrica mediante sistemi fotovoltaici e soprattutto per la produzione di acqua calda sanitaria che risulta essere la percentuale maggiore di consumo in termini di kWh del totale dei consumi del comparto residenziale a causa dei tanti boiler elettrici presenti nell'isola.

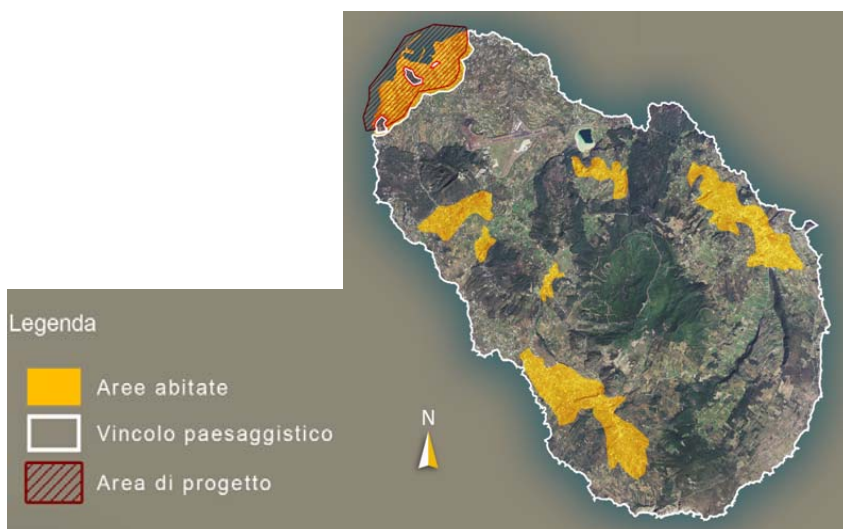
Allo scopo di individuare l'ottimale localizzazione di tali impianti è stata condotta un'attenta analisi del patrimonio presente con una particolare attenzione ai vincoli imposti dalle Norme Tecniche di Attuazione e dei Piani vigenti (carte del sistema biologico ed antropico di cui uno stralcio è riportato in Fig. 51e Fig.52) oltre che del (Piano Energetico Ambientale Regionale Siciliano, 2009). Sulla base

---

<sup>138</sup>L'allegato multimediale del volume Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014, disponibile nell'area Biblioteca multimediale del sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it), contiene la tavola di sintesi delle analisi dello scenario solare e del progetto proposto.

di tali norme e delle considerazioni riferite al valore paesaggistico dell’isola si è esclusa la possibilità di procedere ad un’installazione su terra dei sistemi fotovoltaici volendo evitare l’impatto paesaggistico e l’occupazione di suolo che l’installazione di un parco fotovoltaico avrebbe apportato, si è scelto quindi di sviluppare l’applicazione dei sistemi fotovoltaici su tetto.

Per far ciò si è dovuto tenere conto della valenza architettonica della tipologia edilizia esistente, che, dall’analisi svolta risulta essere principalmente quella del dammuso, ad eccezione della zona del Capoluogo di Pantelleria ricostruito nel secondo dopoguerra secondo la tipologia di palazzetti a 3 - 4 piani di scarso valore architettonico (Piano Particolareggiato del Centro Storico di Pantelleria Capoluogo, 2010). Sulla base quindi di valutazioni volte alla salvaguardia del patrimonio architettonico di pregio si è scelto di sviluppare il progetto solare nell’area del Capoluogo di Pantelleria, area che, data l’edilizia di scarso valore architettonico, le altezze abbastanza uniformi delle unità abitative, che quindi limitano le superfici auto ombreggiate, e la presenza nella quasi totalità delle stesse di tetti piani, risulta essere la collocazione più idonea (Fig. 61).



*Figura 61. Scenario 1: Planimetria d’analisi delle zone idonee all’installazione (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)*

Alle considerazioni architettoniche si aggiungono quelle energetiche, infatti, considerato che il 25% dei consumi energetici dell’isola è demandata al comparto residenziale, con un ingente consumo per la produzione di acqua calda sanitaria, in considerazione del fatto che circa il 40% dei nuclei familiari dell’isola abita nell’area in esame, è indubbiamente favorevole pensare ad un’installazione che comprenda pannelli solari termici e pannelli fotovoltaici ongrid che minimizzando al massimo le distanze tra i punti di produzione e di consumo rendono altamente efficiente l’impianto dei sistemi.

Prendendo a campione un “isolato tipo” del Capoluogo (Fig. 62) ed effettuando su esso uno studio dell’energia solare che incide sui volumi oltre che sull’utilizzo da parte dei cittadini delle stesse superfici piane (alcune delle quali sono ad uso terrazzo privato) e considerando in più le superfici ombreggiate a causa di antenne o serbatoi apposti su di essi (in Fig. 63), si sono individuate delle percentuali di riduzione delle superfici utili che, estese all’intero Capoluogo hanno permesso di definire le superfici realmente utilizzabili. Stesse valutazioni sono state eseguite nella zona industriale individuando così le superfici utili curve (la zona presenta vari capannoni industriali).



*Figura 62. Pantelleria Capoluogo (palazzetti con tetti piani)*

Sulla base di uno studio di visibilità e simulazione dell’installazione effettuato su un edificio preso a campione, la scelta di progetto è stata quella di installare sui tetti piani del Capoluogo pannelli inclinati a 30° in modo da combinare la massima producibilità (Carrescia, 2010; Comitato Elettrico Italiano, 2009) e una limitata visibilità degli stessi dalla quota stradale, garantita dalla presenza sulla quasi totalità degli edifici di muretti d’attico che in parte oscurano la vista dei pannelli stessi.

Tenuto conto dei dati tecnici relativi alle tipologie di pannelli in commercio per solare fotovoltaico e termico si è scelto di calcolare la producibilità dei sistemi considerando l’installazione di pannelli solari di silicio monocristallino sui tetti piani del capoluogo e utilizzare invece il silicio amorfo per i tetti curvi della zona industriale.

Il dimensionamento del solare termico è stato calcolato, invece sulla base dei nuclei familiari presenti nel Capoluogo, 3.124 nuclei familiari al 2011 (dati comunali 2011). Considerando per nucleo familiare un sistema di produzione di acqua calda sanitaria composto da un boiler da 300lt e due pannelli installati ad un’inclinazione di 30° rispetto al piano orizzontale.

Il bilancio complessivo dell’intervento porta ad una copertura dei consumi totali dell’isola da fonte solare di 7282 MWh/anno con una conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 16% calcolata secondo i parametri in Ala et al. (2008). La riduzione delle emissioni è stata calcolata come mancata emissione di CO<sub>2</sub>,

considerando che l’installazione di impianti solari fotovoltaici e termici andrebbe a sostituire la corrispettiva produzione di energia da fonte fossile.



Figura 63. Studio solare: disponibilità delle superfici dei tetti all’installazione e studio degli ombreggiamenti, 15 Dicembre e 15 Agosto (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)

L’energia prodotta dagli impianti solari verrà immessa nella rete BT e attraverso le cabine secondarie del centro urbano nella rete MT ciò fa sì che l’intera applicazione funga da sistema decentrato di produzione elettrica rispetto alla centrale SMEDE con i noti benefici che l’inserimento di un impianto energetico decentrato apporta al sistema elettrico tradizionale.

Di seguito si riportano i risultati dello Scenario e il confronto con lo stato di fatto (Tab. 22).

Tabella 22. Confronto Scenario 0 e Scenario 1

	Scenario 0	Scenario 1 (solare microcristallino, solare amorfo, solare termico)
Produzione totale di energia elettrica	42998 MWh/a	7282 MWh/a
Copertura consumi	100% fonte fossile	17% da FER
Emissioni CO <sub>2</sub>	39988 t	- 6384 t

### 10.6.2 Scenario 2: Eolico<sup>139</sup>

Come noto l'isola offre caratteristiche di intensità e frequenza del vento molto buone che, dal punto di vista tecnico, la rendono sicuramente un posto idoneo per la produzione di elettricità mediante impianto eolico. L'andamento annuale delle velocità del vento è opposto a quello della radiazione solare e del carico elettrico, la risorsa eolica è massima nei periodi invernali ciò comporta che la massima producibilità di tali impianti si avrà nei periodi in cui gli impianti solari diminuiscono la propria.

Dall'analisi climatologica si evince come l'isola risulti essere particolarmente ventosa, la media infatti è pari o superiori ai 17 giorni ventosi al mese (condizione che si verifica nella stagione estiva) con una velocità media del vento pari a 6 m/s e direzione prevalente Nord Ovest<sup>140</sup>.

Nell'ottica di voler sfruttare al massimo la risorsa eolica si è fatto riferimento, in termini di massimo dimensionamento dell'impianto, allo studio svolto dall'ENEA in collaborazione al DEIM (Dipartimento di Energia Ingegneria dell'Informazione e modelli Matematici) dell'Università di Palermo, lo studio in (Cosentino et al., 2012) quantifica sulla base di valutazioni riferite alla rete elettrica e al sistema energetico dell'isola la potenza installabile pari a 1200 kW per una producibilità di 3600 MWh/anno, partendo da questo dimensionamento si è studiata la soluzione che, minimizzando quanto più possibile l'impatto ambientale potesse garantire la producibilità attesa.

La scelta del sito di progetto (Fig.64) ha tenuto conto dei fattori tecnici legati alla progettazione di un parco eolico e dei fattori paesaggistici legati al contesto in cui l'intervento si colloca. Partendo con il considerare i versanti dell'isola più idonei all'ubicazione dell'impianto in funzione della direzione prevalente del vento in modo da sfruttare al massimo la producibilità degli aerogeneratori da installare, si è passati alla valutazione dei vincoli esistenti nell'isola, che ha portato ad escludere le aree all'interno del vincolo paesaggistico.

Il vincolo paesaggistico interessa infatti l'intera superficie dell'isola ad eccezione di Pantelleria Capoluogo, mentre considerando il perimetro cartografico della Zona di Protezione Speciale (Piano di gestione Rete Natura 2000, 2010), come noto legata alla "Direttiva Uccelli", fauna particolarmente a rischio nell'installazione di impianti eolici, si sono individuate le aree di possibile installazione.

---

<sup>139</sup>L'allegato multimediale al volume Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014, disponibile nell'area Biblioteca multimediale del sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it), contiene la tavola di sintesi delle analisi dello scenario eolico e del progetto proposto.

<sup>140</sup>Dati disponibili in Ricerca Sistema Energetico, Atlante Eolico dell'Italia, sito: <http://atlanteolico.rse-web.it/viewer.htm>.



Figura 64. Scenario 2: Planimetria d’analisi delle zone idonee all’installazione (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)

Sulla base di tali valutazioni si è proceduto con il considerare anche i limiti posti dall’installazione e dall’utilizzo di tali impianti considerando:

- La necessità della vicinanza alla rete elettrica per esigenze funzionali alla connessione on-grid dell’impianto;
- La presenza di un accesso stradale che consenta l’installazione e la manutenzione del sistema;
- La disponibilità di suolo, funzionale al rispetto dei limiti tecnico progettuali legati alla progettazione di un parco eolico composto da più aerogeneratori (ci si riferisce alle direttive del Decreto ARTA 28 Aprile 2005, riguardo alle mutue distanze da garantire tra le macchine e ai limiti in termini di distanze minime da garantire per limitare le interferenze di flusso nel caso di aerogeneratori ad asse orizzontale posti su più file);
- La rugosità del terreno del sito di progetto e la presenza di ostacoli naturali ed architettonici (Fig. 65) che possano inficiare i flussi ventosi e la loro costanza, si è anche considerata la destinazione d’uso dell’area di intervento e dell’edilizia circostante, in modo da limitare il disturbo legato alla rumorosità degli aerogeneratori, tutte queste considerazioni sono state condotte mantenendo costante l’attenzione verso il paesaggio e il patrimonio culturale presente nell’isola in modo da evitare qualsiasi scelta che potesse impoverirlo.



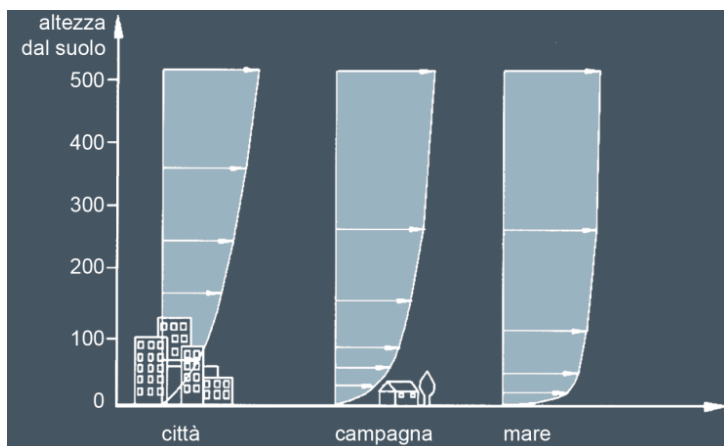


Figura 65. Effetti della presenza di ostacoli sulla velocità del vento

L'attenta analisi ha portato, alla localizzazione dell'area di intervento, posta nella zona industriale dell'isola in prossimità del Capoluogo di Pantelleria e della centrale di produzione elettrica SMEDE (Fig.64). L'area in questione insiste su una zona ad uso ex coltivo, con una pendenza limitata e una superficie disponibile per l'installazione dell'impianto di circa 60.000 m<sup>2</sup>, l'area inoltre presenta l'assenza di ostacoli architettonico-paesaggistici rilevanti in ambito di interferenze di flusso eolico e un paesaggio vegetale di scarso valore naturalistico, la vicinanza al mare in più aumenta in termini di ventosità i valori medi riportati nell'analisi climatologica.

In considerazione del fatto che per un calcolo approfondito della producibilità di aerogeneratori di taglie e tipologia d'asse diverso, sia necessaria un'analisi anemometrica della durata minima di un anno, si è proceduto ad un dimensionamento di massima al fine di individuare un possibile scenario di progetto.

Il dimensionamento ha tenuto conto, per i diversi aerogeneratori analizzati (Fig.66), dell'AEP<sup>141</sup> (Annual Energy Production) riportato per ogni aerogeneratore nelle schede tecniche e calcolato secondo la Direttiva IEC EN 61400-12-1 per i valori di velocità media annua del vento riferiti: ad un'altezza s.l.m pari a quella del centro della turbina, ad un parametro di distribuzione del vento pari a  $k=2$  ad un fattore di Weibull pari a 2.

Sulla base del dimensionamento proposto dall'ENEA, nello studio precedentemente citato, che prevede l'utilizzo di due aerogeneratori di 600 kW di potenza, h al mozzo di 67m e diametro del rotore di 40m, reputando che tale soluzione arrecasse un impatto marcato sul territorio, si è proceduto alla valutazione di producibilità ed inserimento di alcuni aerogeneratori rientranti nella categoria "taglia piccola" (Fig. 66) in modo da poter limitare le altezze e il numero degli stessi e contemporaneamente coprire la producibilità attesa.

<sup>141</sup>L'Annual Energy Production dei generatori eolici è il parametro che indica la producibilità elettrica di un aerogeneratore per determinati valori dei parametri che definiscono il flusso ventoso (velocità media del vento, fattore di scala, fattore di forma, ecc.).



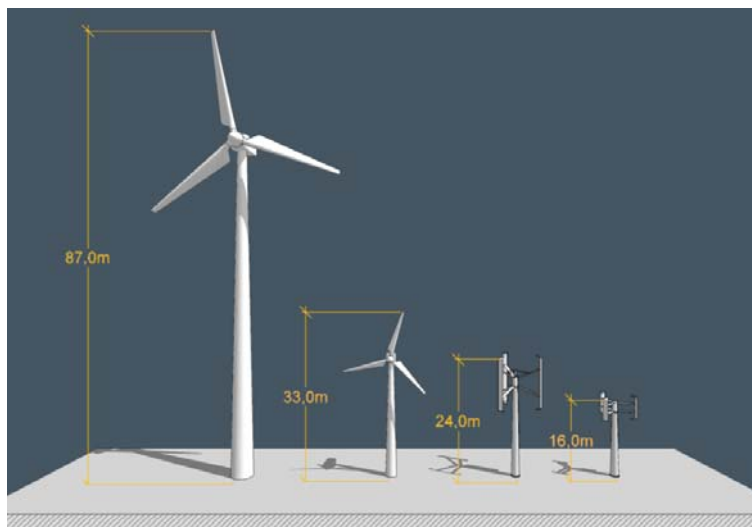


Figura 66. Tipologia erogeneratori considerati negli scenari proposti (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)

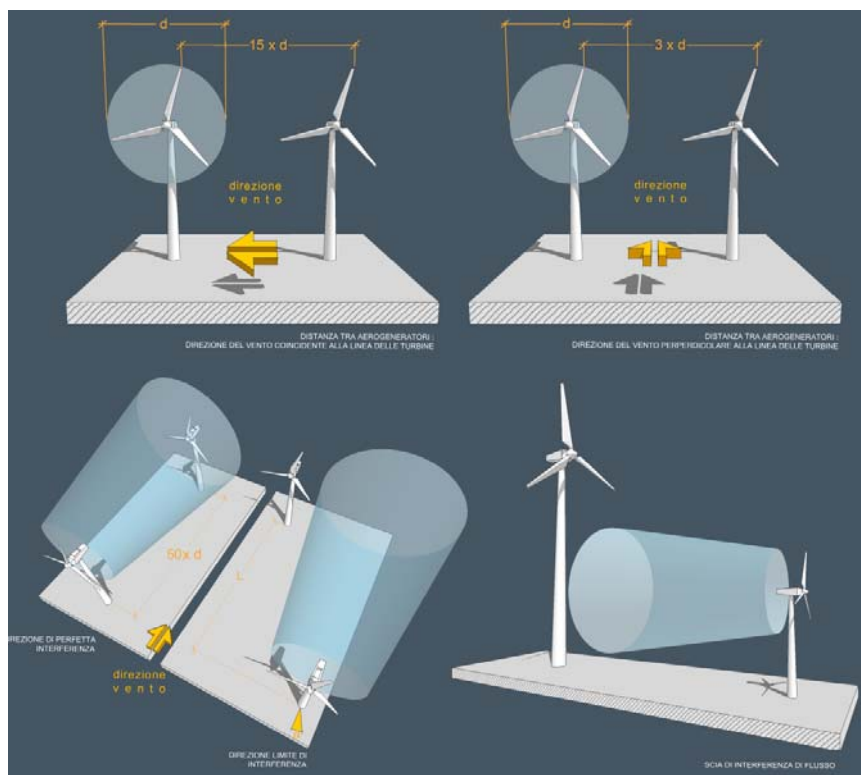


Figura 67. Studio interferenze dell’installazione aerogeneratori ad asse orizzontale (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014b)

La Tab.23 mostra il dimensionamento di massima dei possibili impinati per lo Scenario eolico.

Sulla base di quanto riportato si evince come l'utilizzo di aerogeneratori ad asse orizzontale comporti dei livelli di rumorosità più elevati e necessiti di una superficie utile più estesa a causa delle maggiori restrizioni legate alle distanze riferite alle interferenze di flusso, è questo il motivo per cui lo scenario che utilizza aerogeneratori da 50 kW risulta coprire solo in parte la producibilità attesa.

In conclusione lo scenario di aerogeneratori ad asse verticale di potenza pari a 30 kW sembra essere il più vantaggioso tra quelli analizzati in quanto: ha una produzione di 3.600 MWh/anno di energia che in termini di mancate emissioni di CO<sub>2</sub> calcolate secondo i parametri riportati in Ala et al.(2008) corrisponde ad un abbattimento dell'8%, ciò installando un numero minore di aerogeneratori rispetto allo scenario seguente (Scenario 2D) e avendo minori emissioni sonore rispetto all'utilizzo della tipologia ad asse orizzontale.

Tabella 23. Valutazione tecnica e confronto tra diversi scenari per il progetto eolico.

	SCENARIO 2A*	SCENARIO 2B	SCENARIO 2C	SCENARIO 2D
<b>Potenza aerogeneratore (kW)</b>	600 kW	50 kW	30 kW	20 kW
<b>Tipologia</b>	asse orizzontale	asse orizzontale	asse verticale	asse verticale
<b>Taglia di appartenenza</b>	media	piccola	piccola	piccola
<b>n° aerogeneratori</b>	2	5	63	95
<b>h al mozzo</b>	67 m	24 m	19 m	12 m
<b>Diametro rotore</b>	40 m	19 m	10 m	8 m
<b>Rumorosità</b>	80 dBA (d=12m; v=7m/s)	60 dBA (d=12m; v=7 m/s)	42dBA (d=30m; v=10 m/s)	45 dBA (d=20m; v=10 m/s)
<b>Distanza tra aerogeneratori</b>	90 m	57 m	30 m	24 m
<b>Distanza di rispetto</b>	–	950 m	–	–

	SCENARIO 2A*	SCENARIO 2B	SCENARIO 2C	SCENARIO 2D
<b>(turbolenza aerodinamica per file parallele)</b>	installazione su unica fila	50 volte il diametro pale	per tipologia di asse	per tipologia di asse
<b>Energia elettrica totale prodotta</b>	3.600 MWh/anno	845 MWh/anno	3.600 MW/anno	3.600 MW/anno

\* Fonte ENEA e Cosentino et al, 2012.

Di seguito si riassumono i risultati dello Scenario e il confronto con lo stato di fatto (Tab. 24).

Tabella 24. Confronto Scenario 0 e Scenario2

	Scenario 0	Scenario 2 (aerogeneratori 30 kW asse verticale)
Produzione totale di energia elettrica	42998 MWh/a	3600 MWh/a
Copertura consumi	100% fonte fossile	8% da FER
Emissioni CO <sub>2</sub>	39988 t	- 3325 t

Tale scelta ha permesso inoltre di pensare all’inserimento del parco eolico all’interno di un progetto più ampio di parco urbano che, mantenendo l’uso agricolo del terreno direttamente interessato dall’installazione del parco eolico ed integrando gli elementi urbani e tecnico-funzionali del parco eolico (viabilità d’accesso alle diverse file di aerogeneratori e cabina di trasformazione funzionale all’inserimento on-grid dell’impianto), legghi la zona della costa con l’area di monte (sito di inserimento del parco eolico) riqualificando così l’area industriale attraverso la realizzazione di spazi pubblici per l’aggregazione, aree pedonali e piste ciclabili che permettano di fruire del sito in maniera libera. Pensando in più alla rifunionalizzazione di alcuni edifici abbandonati che insistono nell’area (destinandoli ad uso culturale e turistico commerciale) e all’inserimento di un centro sportivo, un teatro all’aperto e un edificio di servizi ad uso ricreativo nella zona del lungomare, si ottiene una reale integrazione tra l’impianto tecnologico del parco eolico e la riqualificazione globale dell’area in oggetto.

### 10.6.3 Scenario 3: Geotermico<sup>142</sup>

Le prime analisi rivolte all'individuazione e definizione delle caratteristiche della risorsa geotermica dell'isola risalgono agli anni '60, l'indagine è stata svolta dall'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche (IIRG) del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) tramite la perforazione di quattro fori esplorativi denominati Bagno dell'Acqua, Gadir, Kazen e Nikà .

Nel 1990 è stato eseguito dal CESEN un nuovo progetto di esplorazione dell'isola denominato "VALOREN" finanziato dall'Unione Europea e dall'Ente Minerario Siciliano sempre con la collaborazione scientifica dell' IIRG. Nell'ambito di questo progetto sono state eseguite delle prospezioni multidisciplinari (geologiche, vulcanologiche, geofisiche e geochimiche) e nel 1992 sono stati perforati quattro nuovi pozzi esplorativi superficiali fra i 180 e 400 m di profondità: PT1, PT2, PT3 e PT4. A queste perforazioni sono seguite, nello svolgimento della seconda fase del Progetto (1993), le perforazioni di due pozzi esplorativi profondi (1100-1200 m) denominati PPT1 e PPT2 (Ambiente Italia, 2011).

Questi pozzi profondi sono stati eseguiti

- a) Per verificare le temperature reali in profondità (sino ad allora i valori erano stimati dalle evidenze in superficie);
- b) Per ottenere informazioni sulle condizioni strutturali ed idrogeologiche profonde nell'area con anomalia termica positiva;
- c) Per verificare l'esistenza di risorse sfruttabili a profondità economicamente convenienti.

I serbatoi geotermici identificati dalle due perforazioni sono riscaldati da due distinte intrusioni magmatiche quello ritenuto potenzialmente più interessante è quello intercettato dal pozzo PPT1 nella parte meridionale dell'isola.

Il pozzo PPT1 è stato perforato al centro delle Caldere, in Contrada Serraglio, a SW di Montagna Grande. I test eseguiti nel pozzo PPT1 hanno identificato la presenza di un serbatoio geotermico a liquido dominante nell'intervallo fra 600 e 700 m. La produzione di vapore è continua e regolare con un flusso di 4 ton/ora.

Il livello produttivo individuato per il pozzo PPT1 è a circa 620 m di profondità ed inizia ad erogare vapore soprassaturo con una pressione iniziale massima di 13,5 bar (Graditi 2010; Ambiente Italia, 2011).

Le valutazioni termodinamiche delle prove di misura e di durata del pozzo, effettuate nella seconda fase del Progetto d'indagine VALOREN, indicano la potenzialità termica disponibile e la potenza elettrica ottenibile dal pozzo per la portata di vapore ottimale in funzione del turboalternatore scelto (Cesen, 1994) .

---

<sup>142</sup>L'allegato multimediale al volume Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014, disponibile nell'area Biblioteca multimediale del sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it), contiene la tavola di sintesi delle analisi dello scenario geotermico e del progetto proposto.

Di seguito si riportano le proprietà termodinamiche del fluido e la potenza ottenibile:

Portata	$q = 4 \text{ t/h}$
Pressione	$p = 1,15 \text{ bar}$
Temperatura	$T = 103^\circ\text{C}$
Entalpia	$I = 640,2 \text{ kcal/kg}$
Potenza	$P = 3 \text{ MW}$

Alla luce di quanto detto si sviluppa l’ipotesi progettuale che riguarda la realizzazione di un impianto per la generazione di energia elettrica della potenza indicativa di 2,5 MW in un area ubicata in contrada Serraglio a circa 14km dal centro abitato di Pantelleria, nel settore centro meridionale dell’isola (Fig.69).



Figura 68. Localizzazione del pozzo geotermico PPT1 in Contrada Serraglio

Il sito di progetto dista dal punto di localizzazione del pozzo PPT1 di circa 550 m ciò per tenere conto del perimetro cartografico della Riserva Naturale Orientata entro la quale si colloca il pozzo. Si è ipotizzato che si possa convogliare il fluido tramite un vaporedotto di circa 50 cm di diametro opportunamente celato da alberature.

Sulla base delle osservazioni riportate all’interno (Graditi et al., 2010) “Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive” (DEIM ed ENEA , anno 2010) si è ipotizzato l’impiego di un turboalternatore a condensazione alimentato direttamente dal fluido geotermico, con pressione allo scarico fissata a 0,1 bar che è la pressione adatta alle temperature del sito. In base agli esiti delle ricerche condotte, la centrale da 2,5 MW, sufficiente a coprire più di metà del carico di base dell’isola, insisterà in un’area pari a circa 2000 m<sup>2</sup>.

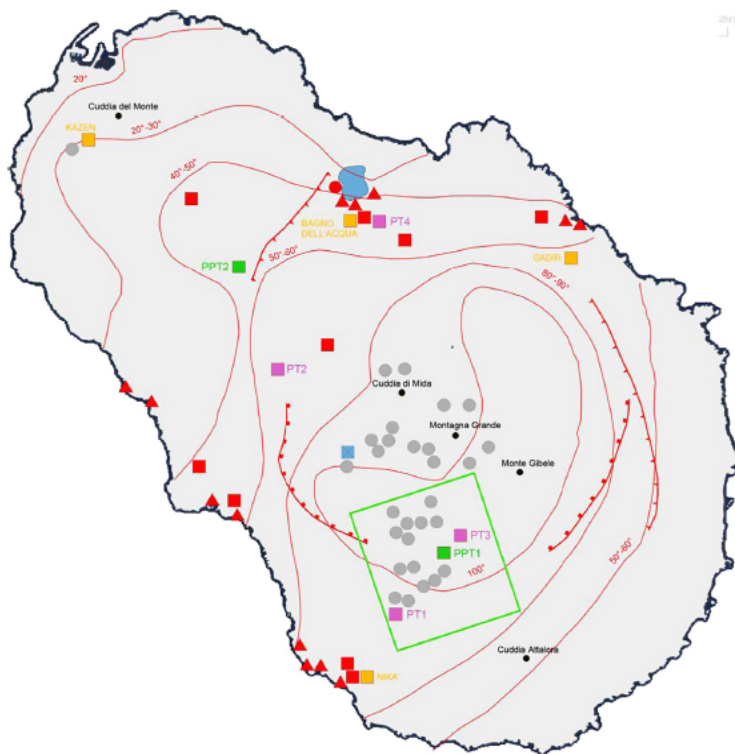


Figura 69. Scenario 3: Planimetria d'analisi delle zone idonee all'installazione, con localizzazione dei pozzi (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014b)

L'impianto, costituito da un edificio macchine di circa 270 m<sup>2</sup>, alto circa 4 m e da due torri refrigeranti di dimensione totali in pianta di 15m per 30m e altezza complessiva pari a 15m (Fig. 70), si inserisce in prossimità della scarpata della Contrada Serraglio (Fig. 71) che definisce una naturale vallata ai piedi di Montagna Grande in modo da sfruttare così la quota naturale della stessa mitigando l'impatto visivo dell'inserimento della centrale.

Il collegamento elettrico in media tensione, con la contrada di Scauri verrà realizzato tramite l'inserimento di un nuovo tratto di linea elettrica in media tensione, interrato lungo la strada asfaltata fino alla cabina di trasformazione più vicina al sito di intervento.

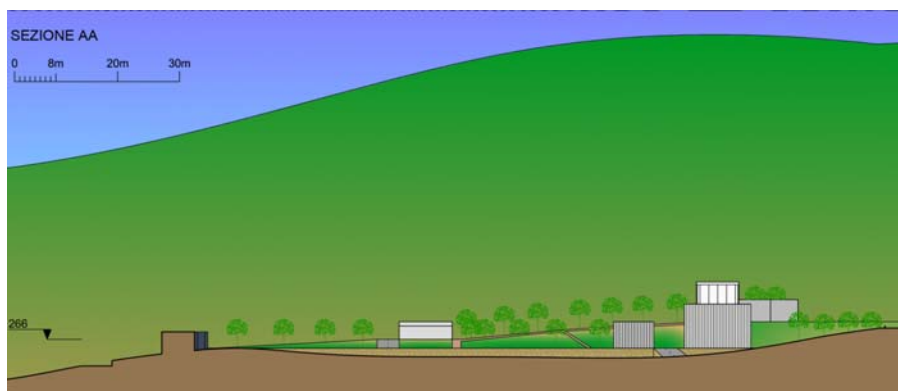


Figura 70. Sezione: inserimento dell'impianto nel contesto (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino, Vaccaro, 2014b)



Figura 71. Planimetria: inserimento dell'impianto nel contesto (Allegato multimediale di Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2014b)

Di seguito si riportano i risultati dello Scenario e il confronto con lo stato di fatto (Tab. 25).

Tabella 25. Confronto Scenario 0 e Scenario 3

	Scenario 0	Scenario 3 (turboalternatore a condensazione alimentato direttamente dal fluido geotermico, funzionamento 8000 h/a, potenza centrale 2.5 MW)
Produzione totale di energia elettrica	42998 MWh/a	20000 MWh/a

	<b>Scenario 0</b>	<b>Scenario 3</b> <b>(turboalternatore a condensazione</b> <b>alimentato direttamente dal fluido</b> <b>geotermic, funzionamento 8000 h/a,</b> <b>potenza centrale 2.5 MW)</b>
Copertura consumi	100% fonte fossile	46% da FER
Emissioni CO <sub>2</sub>	39988 t	- 17994 t

---

La realizzazione della centrale geotermica è, rispetto alle altre fonti rinnovabili quella che risulta avere maggiori criticità, ambientali.

Uno degli aspetti più critici nell'installazione delle centrali geotermiche riguarda la componente dei gas incondensabili emessi, per lo più, a livello delle torri di raffreddamento. I gas in questione sono costituiti per la maggior parte da anidride carbonica (oltre il 90%), metano, idrogeno solforato e radon. Tali emissioni sono comunque nettamente inferiori (circa 1/3) a quelle delle centrali termoelettriche a petrolio (a parità di potenza) oltre che l'assenza di ossidi di azoto che è un punto a favore delle centrali geotermoelettriche (Bertani R., 2012).

Un punto debole è la presenza, tra i componenti rilasciati in aria, di acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), un gas maleodorante che costituisce un problema per tutte le installazioni geotermiche, specie se in prossimità di centri abitati.

Nel caso di Pantelleria, tuttavia, la costante intensità del vento unite alle caratteristiche proprie del magma dell'isola (meno zolfato per esempio di quello dell'isola di Vulcano) ridurrebbe tale inconveniente, in più si potrebbe pensare di limitare al minimo il problema ricorrendo ad un sistema di abbattimento delle emissioni inquinanti come il sistema AMIS recentemente brevettato dall'Enel e applicato alle centrali geotermiche di Lardarello (Toscana). L'applicazione del sistema, riguardando il trattamento chimico del gas in uscita dalle torri, non comporta a livello paesaggistico – architettonico nessuna aggiunta volumetrica rispetto agli elementi che compongono la centrale.

Per quanto riguarda invece il rumore generato dalle turbine, dai compressori e dalle pompe, è senz'altro possibile inserire queste apparecchiature in locali adeguatamente isolati, sia per la protezione degli addetti, sia per evitare di arrecare disturbo all'ambiente circostante.

Un altro problema da valutare è quello delle emissioni di CO<sub>2</sub> non tanto a livello di inquinamento globale, dato che come abbiamo visto risulterebbero comunque minori di quelle attualmente relative alla produzione di energia elettrica tramite fonte fossile, quanto piuttosto a livello locale. Come già accade in alcune aree di Montagna Grande in prossimità dei fenomeni naturali legati all'attività vulcanica dell'isola, una elevata emissione di CO<sub>2</sub> territorialmente localizzata potrebbe creare dei fenomeni di inibizione della crescita della vegetazione, fenomeno



indubbiamente da evitare data la localizzazione della stessa in prossimità della Riserva Naturale Orientata. Vi è anche da considerare il fatto che il pozzo risulta all'interno della zona di rispetto dell'area boschiva oltre che della zona sottoposta a vincolo idrogeologico.

L'inserimento della centrale all'interno del sistema energetico dell'isola è strettamente vincolato alla presenza del bacino geotermico e quindi alla localizzazione del pozzo, a tal proposito sarebbe conveniente approfondire le indagini riferite alle criticità sopra riportate valutando con specifiche indagini le ripercussioni a livello ambientale ed un'eventuale deroga ai vincoli presenti.

## **10.7 Conclusioni**

Il lavoro presenta, per l'isola di Pantelleria, tre scenari progettuali integrati (eolico, geotermico e solare) che permettono complessivamente di coprire il 71% dell'energia elettrica consumata annualmente dall'isola, con il conseguente beneficio ambientale in termini di abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> e realizzare, quindi, un contesto quasi autonomo dal punto di vista energetico. La valutazione risulta comunque preliminare non avendo tenuto conto della produzione alioria nel l'arco dell'anno che fonti energetiche quali sole e vento hanno in sé.

Lo studio, attraverso l'applicazione della metodologia integrata che è stato qui proposta, ha tenuto conto delle caratteristiche costitutive del sistema nello stato di fatto e dei parametri sensibili utili per delineare una proposta realmente aderente al territorio in esame particolarmente delicato dal punto di vista paesaggistico e naturale. Il lavoro si avvale inoltre di una corposa analisi del contesto energetico locale da cui traspaiono le difficoltà connesse alla attuazione del progetto che sono anche derivate da un atteggiamento poco incentivante da parte del governo nazionale, che continua a sostenere in bolletta il gestore privato. Questo quadro costruito in realtà per tutelare il consumatore, che diversamente avrebbe un prezzo dell'energia poco vantaggioso, si rivela il maggiore ostacolo alla riqualificazione energetica dell'isola da parte del distributore privato. Questi, infatti, ai sensi dell'attuale normativa nazionale non è in alcun modo vincolato alla emissione di titoli di efficienza energetica o certificati verdi, in quanto distributore non obbligato. Peraltro il costo sostenuto per l'investimento non verrebbe coperto dalla vendita dei suddetti titoli. Un'altra opportunità come già evidenziato in premessa è quella dalle Amministrazioni Pubbliche dagli strumenti di finanziamento messo in campo a livello europeo (ELENA; IEE; etc.). In casi come quello analizzato si pone il problema della riqualificazione culturale dei cittadini dell'isola che dovrebbero sostenere, mediante politiche di governance partecipata, le azioni messe in campo dall'Amministrazione Comunale cedendo, per esempio, l'utilizzo delle coperture per l'installazione dei pannelli solari termici e solari fotovoltaici, inoltre, l'installazione degli impianti sarebbe facilitata se le aree destinate alla realizzazione

della centrale geotermica e del parco eolico, ritagliate al di fuori della parte dell'isola sottoposta a vincolo, venissero espropriate ed inserite nell'ambito degli interventi comunali per pubblica utilità.

## Capitolo 11- Illuminazione pubblica e riqualificazione energetica: un progetto per il comune di Valledlunga (CL)

**Sommario-** Il capitolo si propone di fornire una panoramica su quelle che, allo stato attuale, sono le principali aree di intervento considerate a livello europeo, in ambito *smart city*. Nella seconda parte il contributo si concentra sulla illuminazione pubblica, che è tra le infrastrutture urbane più interessate da "azioni intelligenti" da parte delle Pubbliche Amministrazioni. Il lavoro si conclude con una proposta di retrofit del sistema di illuminazione pubblica in una città della Sicilia (Italia).

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nella seguente pubblicazione scientifica:

- Sanseverino, E. R., Scaccianoce, G., Vaccaro, V., Zizzo, G., & Pennisi, S. (2015, June). *Smart city and public lighting*. In *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2015 IEEE 15th International Conference on* (pp. 665-670). IEEE.

### 11.1 Possibili settori d'intervento nella pianificazione smart: panoramica europea

Un recente rapporto "Mapping Smart Cities in UE" (Manville et al., 2014) del Parlamento Europeo, fornisce un quadro delle tendenze attuali relative alle smart city e la comprensione globale dei fattori che contribuiscono al successo dell'iniziativa di Città intelligenti. Il documento, dall'analisi di 468 città campione europee che hanno portato avanti iniziative smart di successo, evidenzia come «Una *Smart city* è una città che cerca di affrontare le questioni pubbliche tramite soluzioni basate sulle ICT, tramite un approccio multi-stakeholder e partenariati pubblico-privato».

Viene anche sottolineato come, a livello Europeo, gli ambiti d'intervento maggiormente affrontati siano "Smart Environment" e "Smart Mobility", inoltre il 90% delle città campione si sono portate avanti iniziative che si concentrano sulla strategia Europea 2020 e che quindi si focalizzano, direttamente o indirettamente, su obiettivi energetici.

Lo studio evidenzia anche come tali iniziative riescano ad avere maggior successo (90% del campione) in città con più di 500.000 abitanti, in grandi realtà urbane quindi, dove sono presenti contemporaneamente un numero maggiore di iniziative smart che vengono con più facilità inserite in una visione globale di sviluppo della città, acquistando con maggior frequenza il carattere multi-settoriale. Nelle piccole realtà locali, dove mancano molto spesso i mezzi per sviluppare una programmazione e una visione di sviluppo olistica e a lungo termine, le azioni intraprese si traducono in singole iniziative "green" venendo meno, molto spesso, l'interoperabilità dei diversi settori di intervento.

Dall'analisi delle esperienze riportate nel documento, la rete d'illuminazione pubblica è probabilmente quella che allo stato attuale può, con più facilità, diventare multi servizio.

Un esempio di città che sta muovendosi verso il concetto di *smart city* è Barcellona (la quarta città più smart d'Europa, secondo la lista elaborata dall'esperto di urbanistica e strategie ambientali Boyd Cohen<sup>143</sup>).

Uno dei progetti di recente realizzazione a Barcellona, riguarda, appunto, il controllo dell'illuminazione pubblica (SIUR Project). Il progetto, ha lo scopo di integrare infrastruttura ICT a sistemi d'illuminazione pubblica, per fornire nuovi servizi ai cittadini e ottenere un notevole risparmio energetico. La sperimentazione è già stata avviata e ha riguardato il test in una strada del 22@Barcelona, quartiere che si presenta come uno spazio per testare soluzioni innovative.

Grazie all'installazione di 12 corpi illuminanti a led e grazie ad una piattaforma ICT (costo del progetto 500.000 €) è stato possibile ottenere un risparmio energetico del 55% rispetto ai sistemi di illuminazione convenzionali. Le lampade, attraverso sensori, forniscono informazioni sull'ambiente urbano che vengono gestiti allo scopo di ottimizzare altri sistemi (come il traffico stradale), modulano la propria intensità luminosa in relazione alle ore della giornata e alla stagione e regolano la loro accensione e lo spegnimento tramite sensori di presenza (permettendo un maggiore comfort visivo anche notturno, un risparmio sui consumi energetici e una conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>). Attraverso i sensori, le lampade comunicano con un'unità (control cabinet) ubicata nella strada, che serve a fornire anche altri servizi per il cittadino fungendo da punto di cablaggio di fibre ottiche per il servizio alle abitazioni, da punto di accesso wi-fi, da stazione di ricarica per veicoli elettrici e da pannello informativo per cittadini e visitatori. Le informazioni captate vengono inviate ad una stazione di controllo, dalla quale è possibile regolare punto per punto l'intensità luminosa, ricevere in tempo reale segnalazioni di non regolare funzionamento (permettendo un risparmio sulle ronde di manutenzione dei corpi illuminanti), oltre che inviare messaggi di allarme che riguardano temperatura ed umidità dell'aria, livello di inquinamento ambientale ed acustico<sup>144</sup>.

Altro esempio, che focalizza maggiormente la propria tecnologia sull'integrazione di sistemi di produzione di energia da fonte solare all'impianto di illuminazione pubblica, è quello di Masdar City. La città, destinata a sorgere a 17 km da Abu Dhabi entro il 2016, sta portando avanti un gran numero di progetti innovativi che mirano a fare della stessa il simbolo delle città del futuro. Uno di questi riguarda la piazza centrale della città. Nelle intenzioni dei progettisti (LAVA Group), la piazza di Masdar rappresenterà un punto di riferimento mondiale nel campo dello sfruttamento delle tecnologie rinnovabili. In questa saranno installati giganteschi corpi ombrelliformi dotati di una copertura fotovoltaica all'estradosso

---

<sup>143</sup> Classifica Smart City Wheel , <http://www.smart-cities.nu/c/home/lb19011/boyd-cohen>

<sup>144</sup> Ajuntament de Barcelona, Barcelona smart city tour, 2013.

che produce energia per l'illuminazione e per alcuni edifici limitrofi. Durante il giorno, i corpi illuminanti ombrelliformi, saranno aperti sulla piazza, immagazzinando calore e luce solare ed offrendo ombra e fresco alle attività sottostanti. Durante la sera le "pensiline" si chiuderanno su se stesse per dar vita a grandi "pali luminosi" a graduale rilascio di calore (per compensare la grande escursione termica che si ha in questi paesi). I sensori termici installati nei corpi illuminanti rileveranno la presenza di pedoni in loro prossimità, l'informazione verrà ricevuta dal corpo illuminante che regolerà il livello di illuminazione in base alla vicinanza dei pedoni (Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro, 2015a).

## 11.2 Lo sviluppo smart nei piccoli comuni italiani

Come si è accennato precedentemente la pianificazione smart è un processo che risulta avere maggior successo nelle grandi realtà urbane. Lo "Smart cityIndex"<sup>145</sup> 2014", che classifica la "smartness" di 116 comuni italiani capoluogo di provincia, rivela come esista un forte divario tra grandi e piccole città e come esista ancora un ampio gap tra città del Nord e del Sud Italia. Secondo il report, l'ostacolo maggiore sta nel mettere insieme, nelle varie iniziative portate avanti, la componente "digital" con quella "green". La maggior parte delle città italiane mostrano, infatti, una vocazione allo sviluppo sostenibile che mette un po' in ombra i temi delle infrastrutture e dei servizi digitali.

Le città metropolitane, che sono collocate ai primi posti del Ranking di Between, sono quelle che: hanno avviato per prime progetti di "Smart city", essendo entrate nelle sperimentazioni iniziali, anche grazie ai progetti UE; hanno più risorse finanziarie (le multi-utilities sono di maggiori dimensioni); hanno agenzie e società ad hoc per diversi settori (mobilità, gestione patrimonio immobiliare, etc.) che riescono ad attivare più velocemente progetti innovativi; subiscono una maggiore pressione da parte dell'opinione pubblica e sono collocate all'interno di un contesto regionale "smart" (le leve di innovazione di alcuni servizi, infatti, sono in mano alle Regioni più che ai Comuni, si pensi alla Sanità o al Trasporto Pubblico pendolare inoltre le politiche di livello regionale sono in grado di influire sul livello di innovazione di tutte le città di un territorio, sfruttando economie di scala che le singole città da sole non riescono a raggiungere).

L'attitudine ad uno sviluppo più "green" che "digital" di molti comuni italiani è confermato dal grande successo che a livello nazionale, ha avuto il programma "Patto dei Sindaci" che ha visto la gran parte dei piccoli comuni sperimentarsi in una pianificazione energetico-territoriale più sostenibile.

Di seguito si analizzerà il caso di un piccolo comune della Regione Siciliana cercando di mettere in luce quali siano i benefici di tale pianificazione e come

---

<sup>145</sup> <http://docplayer.it/3724063-Confrontarsi-per-diventare-smart.html>

questa possa acquisire un carattere “smart”. L’analisi verrà condotta nell’ambito dell’intervento di retrofit dell’impianto di illuminazione pubblica.

### **11.3 Esempio di retrofit per la pubblica illuminazione del comune di Vallelunga**

#### ***11.3.1 Valutazione tecnica***

Il Comune di Vallelunga Pratameno (3641 abitanti, superficie 39,37km<sup>2</sup> provincia di Caltanissetta, Sicilia) sta di recente lavorando alla stesura del suo PAES con l’obiettivo di ridurre al 2020 le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> di almeno il 20% rispetto al 2011 (anno di riferimento).

Dall’analisi dei consumi energetici comunali (2011), relativamente al settore pubblico, si nota che il 78,60% dei consumi è relativo all’impianto d’illuminazione. L’impianto del comune è costituito da 369 corpi illuminanti di cui il 62% a vapori di sodio ad alta pressione (HPS), installati grazie ad un intervento parziale di retrofit eseguito dal comune dopo il 2005 e il 38% a vapori di mercurio ad alta pressione (Hg). I consumi di energia elettrica attuali sono di 323,26 MWh/a (Scenario 0) e causano al comune una spesa energetica ingente. Per questa ragione il comune ha intenzione di inserire all’interno del Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES) un intervento di retrofit dell’impianto di pubblica illuminazione allo scopo di diminuire i consumi di energia, i costi annui da sostenere (energetici e di manutenzione) e le proprie emissioni di CO<sub>2</sub>.

In tale sede si cercherà di fare una valutazione di massima dei benefici che il comune potrebbe avere da un intervento di retrofit paragonando soluzioni più convenzionali di retrofit energetico a soluzioni che permettano di acquisire una gestione “smart” del sistema.

Le valutazioni riguarderanno:

- Scenario 1 - intervento di sostituzione delle attuali lampade Hg con lampade a più alte prestazioni, HPS. Nel dettaglio, si sostituiranno le 140 lampade Hg (80÷250 W) con lampade HPS di potenza nominale compresa tra 50÷150 W, mantenendo le restanti lampade già presenti nel sistema (229 HPS da 70 e 150 W).
- Scenario 2 - sostituzione di tutte le lampade dell’impianto (369) con lampade a LED di potenza nominale variabile tra 36 e 120 W.
- Scenario 1 A – intervento di sostituzione delle lampade con lampade a più alta efficienza (come Scenario 1), ed installazione di un sistema di controllo del flusso luminoso per singola lampada.
- Scenario 2 A - sostituzione delle lampade dell’impianto con lampade a LED (come Scenario 2) ed installazione di un sistema di controllo del flusso luminoso per singola lampada.

In Tab. 26 sono riassunte le principali caratteristiche tecniche delle lampade presenti nell'impianto (Hg di varie potenze e HPS da 70 e 150 W) e di quelle utilizzate per il retrofit. L'intervento di sostituzione delle lampade permette, a parità di flusso luminoso (lumen), di abbassare le singole potenze installate con un conseguente risparmio energetico e beneficio ambientale (emissioni di CO<sub>2</sub>).

La sostituzione, infatti, verrà fatta con lampade di maggior efficienza ma con uguale output in lumen.

Tabella 26. Principali caratteristiche tecniche delle sorgenti luminose

Sorgenti luminose	Potenza [W]	Potenza dissipata dalle apparecchiature ausiliarie[%]	Lumen [lm]	Vita utile media[h]	Indice di resa cromatica (Ra)	Efficienza luminosa [lm/W]
Hg	80	22.5%	3500	6000 ÷ 8000	40÷50	36
	125	20%	6000			40
	250	14%	12000			42
HPS	50	N/A <sup>b</sup>	3500	12000 ÷ 20000	25÷80	65
	70	21.5%	6000			71
	150	19%	15150			90
LED	36	11%	3200	<50000	60÷80	80
	60	12%	6150			85
	100	14%	12000			87
	120	14%	15000			88

a. La Tabella è stata compilata sulla base di dati presenti in (Leccese e Tuoni, 2003 e 2005) e dati di fornitori (e.g. Osram), tali dati, essendo legati al mercato possono essere stati suscettibili di variazioni durante il periodo di dottorato.

b. Non disponibile

Secondo quanto riportato in Tab. 26 e secondo quanto riportato in letteratura (e.g. Di Monaco et al., 2013; Menga e Grattieri, 2009; Leccese e Tuoni, 2003 e 2005) tra le due tecnologia a più alta efficienza (HPS e LED) molti sono i vantaggi dell'illuminazione a LED rispetto all'HPS:

- Minore potenza a parità di lumen e minori perdite di esercizio;
- Maggiore durata di vita e conseguente minore manutenzione;
- Ottimale resa cromatica, luce bianca (mentre la luce delle HPS è giallastra e offre una modesta resa cromatica);
- Resistenza meccanica al danneggiamento;
- Tempo di messa a regime modesto (mentre è di circa 5 min per HPS);
- Tempi di accensione istantanei (invece oltre il minuto per l'HPS);
- Mancanza di dispositivi appositi per il funzionamento (mentre le HPS necessitano per esempio dell'alimentatore).

Entrambe le tecnologie possono essere regolate riducendo il flusso luminoso anche del 50% (anche se la regolazione della HPS è meno efficiente come vedremo in seguito) e hanno buoni livelli di efficienza luminosa<sup>146</sup>.

Negli Scenari 1A e 2A, è stato preferito un sistema di regolazione a singola lampada, piuttosto che uno che regoli gruppi di lampade. Il sistema di regolazione per ogni singola lampada, infatti, se integrato con sistemi di raccolta di altri dati (es. di monitoraggio della mobilità), consente una regolazione più flessibile e adattabile del flusso luminoso e quindi risulta più conveniente in vista di una pianificazione “intelligente” e intersistemica.

La valutazione delle prestazioni è stata effettuata sulla base di una variante standardizzata del flusso luminoso durante il giorno sulla base di alcuni intervalli di tempo riportati in letteratura (Rossi e Musante, 2010), allo scopo di valutare un “funzionamento di base” del sistema di regolazione per ciascuna lampada e gettare le basi di una più complessa regolazione del flusso luminoso in vista di una illuminazione pubblica smart.

La simulazione di retrofit ha considerato 11.5 h di funzionamento dell’impianto al giorno (4200 h/a) e ha portato, nello Scenario 1 ad una riduzione dei consumi di energia elettrica del 18% rispetto ai consumi totali dello Scenario 0 mentre del 40% rispetto confrontando Scenario 1 e Scenario 0, ma riferendosi alle sole lampade Hg. Ciò mostra il range di miglioramento in termini di prestazione nella sostituzione di lampade Hg con HPS.

Nello Scenario 2, invece, i consumi totali si abbassano del 43% rispetto allo Scenario 0, con una riduzione del 62% relativamente alla sostituzione delle lampade a Hg con lampade a LED e del 25% relativamente alla sostituzione delle lampade HPS con LED.

Quanto detto mostra che, a livello energetico complessivo, l’azione di retrofit che utilizza sorgenti LED è più performante, essendoci comunque un margine di miglioramento nettamente superiore se si sostituiscono lampade con tecnologia obsoleta (come per esempio sono le lampade Hg).

E’ da notare anche come la bassa riduzione dei consumi nello Scenario 1 sia dovuta al fatto che, in questo Scenario, l’intervento di retrofit interessa solamente la parte dell’impianto con lampade Hg, prevedendo, per la restante parte dell’impianto, di mantenere le lampade HPS esistenti.

Se si valutano, invece, i benefici energetici ed ambientali degli interventi 1A e 2A ci si accorge dell’efficacia dell’installazione di un sistema di regolazione di flusso luminoso. Nei due casi si combina l’intervento di sostituzione delle lampade

---

<sup>146</sup> L’efficienza luminosa è pari al rapporto fra il flusso luminoso [lm] emesso da una sorgente luminosa e la potenza elettrica assorbita [W]



(rispettivamente Scenario 1 e 2) con l'installazione di un regolatore di flusso e di un dispositivo di controllo installato su ogni lampada.

Il regolatore di flusso luminoso è un dispositivo che consente la regolazione della potenza erogata dalle lampadine, e del relativo flusso luminoso, attraverso il controllo di alcuni parametri elettrici (per esempio la tensione di alimentazione della lampadina) che possono essere gestiti da un timer o da remoto (Parise, Martirano e Mitolo, 2011; Parise et al., 2014).

Nel nostro caso si è deciso di installare un sistema di controllo centralizzato, composto da 4 quadri di telegestione (in mancanza di dati reali, si è stimata nell'impianto comunale, la presenza di un quadro elettrico ogni 100 lampade) e da un software che permette la gestione flessibile degli stessi.

In Tab. 27 è riportata l'ipotesi di parzializzazione del flusso luminoso nell'arco delle ore di funzionamento annuali che è stata ipotizzata ad orari prestabiliti in relazione a quanto indicato in Rossi e Musante (2010) e a considerazioni sulla latitudine del Comune. Si è ipotizzato che nell'arco della ore di funzionamento giornaliera (11.5h) l'impianto funzioni a flusso ridotto del 50% dalle 23:00 p.m.÷6:00 a.m., del 25% dalle 21:00÷23:00 p.m. e dalle 6:00÷6:30 a.m., del 10% dalle 18.30 ÷ 19:00 p.m. e a pieno flusso (0% di riduzione) dalle 19:00÷19:30).

Tabella 27. Ore di funzionamento e riduzione del flusso luminoso

Ore di esercizio annuali [h/a]	Ore con 0% di riduzione [h/a]	Ore con 10% di riduzione [h/a]	Ore con 25% di riduzione [h/a]	Ore con 50% di riduzione [h/a]
4200	183	548	914	2555

Il sistema di controllo, dialogando sugli stessi cavi di alimentazione delle lampade, non necessita di cavi aggiuntivi.

In Tab. 28 sono riportati i valori più significativi che permettono di paragonare gli scenari di retrofit.

Tabella 28. Confronto tra Scenari

Scenario	Potenza totale [kW]	Consumo di energia elettrica [kWh/a]	Emissioni CO <sub>2</sub> [t/a]	Energia risparmiata [kWh/a]	CO <sub>2</sub> non emessa [t/a]
0	64.14	323266	123	-	-
1	52.39	264046	101	59'220	23
2	39.38	185244	71	138'022	53
1A	52.39	197856	75.5	125'409	48

Scenario	Potenza totale [kW]	Consumo di energia elettrica [kWh/a]	Emissioni CO <sub>2</sub> [t/a]	Energia risparmiata [kWh/a]	CO <sub>2</sub> non emessa [t/a]
2A	39.38	103912	40	219'354	84

La simulazione di retrofit ha portato, rispetto allo Scenario 0, ad una riduzione dei consumi totali di energia elettrica del 39% nello Scenario 1A e del 68% nello Scenario 2A. E' interessante notare come l'efficacia del sistema di regolazione sia diverso anche rispetto al relativo scenario di partenza. Infatti, se si paragonano i consumi annuali di energia dello Scenario 1 con quelli dello Scenario 1A, si nota che i consumi di quest'ultimo sono ridotti del 25%, alla stessa maniera paragonando lo Scenario 2 con lo Scenario 2A la riduzione, in quest'ultimo diventa del 44%. Ciò evidenzia come la riduzione della potenza assorbita dalle lampade HPS con un sistema di regolazione non cambi linearmente in funzione della riduzione del flusso luminoso, cosa che invece accade per l'impianto a LED. La legge di variazione per lo Scenario 1A è stata derivata da Rossi e Musante (2010).

Si sottolinea che i valori di riduzione della potenza assorbita con un dispositivo di regolazione variano, nella realtà, anche in funzione della potenza della lampada. La Tab. 29 mostra i valori medi per lampade HPS di potenza nominale 150 W; questi valori, per semplicità, sono stati ipotizzati anche per le 20 lampade HPS (potenza nominale 50 W) e per le 10 lampade HPS (potenza nominale 70W) che sono nello Scenario di retrofit 1A.

Tabella 29. Flusso luminoso e riduzione di potenza durante il giorno per lampade HPS da 150 W di potenza

Riduzione del flusso luminoso [%]	Riduzione della potenza [%]
0	0
10	7.10
25	17.25
50	33.50

Secondo quanto fino ad ora detto si nota come da un punto di vista energetico ed ambientale lo Scenario più efficace sia il 2A (lampade a LED, sistema di regolazione e dispositivo di controllo).

### 11.3.2 Valutazione economica

Il confronto tra le diverse soluzioni di retrofit proposte è stato fatto sulla base del Pay Back Time degli investimenti. Sulla base delle indicazioni della Commission Internationale d'Eclairage in Di Monaco et al.(2013) è stato calcolato il costo orario totale dell'impianto ( $T$ ). Questo tiene conto del costo orario del materiale impiegato ( $D$ , che nel nostro caso per lo scenario 1A e 2A, è stato diviso in  $D_1$ , costo orario del

regolatore e del dispositivo di controllo da apporre in ogni lampada e  $D_2$  costo orario del software di gestione e del dispositivo di gestione ai quadri elettrici, la durata di vita di tali dispositivi è stata posta  $> a$  12 anni); costo orario della lampada ( $C_l$ , nel nostro caso in questa voce sono stati inseriti anche i costi degli accessori, ad esempio l'alimentatore della HPS); costo orario dovuto al consumo di energia elettrica ( $I$ , calcolato considerando un costo di 0.16 €/kWh); costo di manutenzione ( $C_M$ , valutato sulla base del  $C_l$  e della durata di vita di lampadina e accessori, per facilità di calcolo si è considerato che la vita utile di lampadina e accessori sia la stessa e distinta solo in base alla potenza e alla tipologia di lampada. Per il calcolo si è considerato il numero di sostituzioni necessarie nel periodo preso a riferimento. Tale periodo è stato assunto paria a 12 anni e corrisponde alla vita utile media di una lampada a LED); costo relativo ad altri interventi,  $M$ , calcolato secondo quanto indicato in Di Monaco et al.(2013) attraverso un fattore fisso (0,20 della somma di  $D$ ,  $C_l$  e  $C_M$ ).

$$T=D+C_l+I+C_M+ M \quad [€/h] \quad (1)$$

E' stato quindi calcolato il Pay Back Time (PBT) come rapporto tra l'investimento iniziale per ogni intervento ( $J$ ) e la variazione tra il  $T$  dello Scenario 0 e il  $T$  dell'intervento che si vuole paragonare per le ore di funzionamento annue dell'impianto.

La Tab. 30 riporta i valori significativi che permettono di paragonare gli scenari.

Tabella 30. Costo orario dei sistemi considerati nei diversi Scenari.

Sc.	$D^b$		$C_l^a$ [€/h]	$I$ [€/h]	$C_M$ [€/h]	$M$ [€/h]	$T$ [€/h]	$J$ [€]	PBT [a]
	$D_1$ [€/h]	$D_2$ [€/h]							
0	-	-	-	12.31	0.024	0.005	12.3	-	-
1	-	-	0.65	10.05	0.022	0.004	10.7	12260	1.8
2	-	-	1.97	7	-	-	9.03	104439	7.4
1A	1.42	0.17	0.43	7.54	0.015	0.003	9.58	98544	8.5
2A	1.27	0.17	1.31	3.96	-	-	6.72	183157	7.7

a. I costi delle sorgenti luminose ed degli accessori sono stati desunti da Di Monaco et al.(2013); Menga e Grattieri (2009) e da dati di aziende fornitrici (e.g. Osram; G.C Illumination) è quindi possibile che tali dati siano suscettibili di variazioni durante il periodo di dottorato.

b. I costi del regolatore, del dispositivo di controllo da apporre in ogni lampada come del software e del dispositivo di gestione ai quadri elettrici ai quadri elettrici sono stati desunti da (Menga e Grattieri, 2009; Parise et al., 2014; Rossi e Musante,2010), il numero di quadri elettrici dell'impianto è stato ipotizzato considerando 1 quadro ogni 100 lampade.

I costi di manutenzione nello Scenario 2 e 2A sono stati posti nulli in quanto si è considerato un arco temporale di riferimento di 12 anni pari alla vita utile media di una lampadina a LED (50.000 h = 12 anni).

Paragonando lo Scenario 1 allo Scenario 2 si nota come, nonostante il notevole risparmio nei costi per l'energia che la tecnologia a LED porta, e nonostante la maggiore durata di vita che nei 12 anni permette di sopporre costi di manutenzione nulli, la tecnologia a LED abbia ancora dei costi elevati che portano ad avere PBT molto alti.

Paragonando invece le soluzioni 1A e 2A si nota come: il costo  $D_I$  è minore per la soluzione che utilizza lampade LED, questo perché i costi del regolatore di potenza variano in funzione della potenza della lampada che deve essere regolata, che nello Scenario 2A sono minori rispetto a quelle delle lampade di pari lumen dello Scenario 1A, il costo del dispositivo di controllo, anche esso installato in ogni lampada e compreso nella voce  $D_I$ , sulla base delle valutazioni riportate in Pellegrino, Aghemo e Rollino (2012) è stato assunto pari a 110 € per lampada in entrambe le soluzioni), il  $C_M$  è minore nello scenario 1A rispetto che nello Scenario 1, ciò poichè il regolatore aumenta notevolmente la durata di vita delle lampade (sulla base delle dichiarazioni dei fornitori si è assunto un aumento della vita della lampada del 50% rispetto alla soluzione senza regolatore di flusso e fa sì che diminuiscano i costi di manutenzione; il valore di  $I$  è molto minore nello scenario 2A in quanto la potenza installata è minore, si hanno minori consumi di energia e conseguenti minor costi. E' interessante notare come il costo unitario  $T$  sia più basso nello Scenario 2A ciò però non basta a giustificare tale investimento, infatti la variazione di costo iniziale dell'investimento che l'Amministrazione dovrebbe sostenere per realizzare l'intervento dello scenario 2A è di circa 80.000€ maggiore rispetto alla soluzione 2 e portando a PBT simili.

Se si confrontano lo Scenario 1 e lo Scenario 1A, si può osservare che il valore di  $C_M$  è inferiore per lo Scenario 1A, questo in quanto il sistema di regolazione aumenta notevolmente la durata delle lampadine (sulla base delle dichiarazioni dei produttori dei dispositivi di regolazione, si è assunto un aumento della vita della lampadina del 50% rispetto alla soluzione senza questo sistema), ciò diminuisce i costi di manutenzione.

Le valutazioni hanno portato a escludere gli Scenari con sistema di controllo perché troppo costoso e, quindi, a preferire Scenari relativi alla sola sostituzione della sorgente luminosa. Quanto detto fin ora giustifica il motivo per cui, fino ad oggi, nei piccoli comuni, si tenda a preferire soluzioni di retrofit "green" e non "digitali".

## 11.4 Conclusioni

Il sistema di regolazione proposto è relativo al solo sistema di illuminazione, permettendo una regolazione *on demand* del flusso luminoso. Questo, però, se affiancato da altri dispositivi (e.g sistemi di rilevamento del traffico stradale o di

sostanze inquinanti in atmosfera), può offrire un servizio efficace ai cittadini. Inoltre, è da sottolineare come i Comuni possano avere dei benefici economici anche dalla monetizzazione dei Titoli di Efficienza Energetica che un tale intervento può avere. Tali benefici, se investiti secondo una logica smart, supportata da una politica locale multi servizio, possono permettere la realizzazione di una pianificazione multi servizio dell'intero territorio comunale.

Dalle valutazioni effettuate nella sezione sperimentale, l'illuminazione pubblica sembra essere quella che può offrire grandi sinergie tra diversi ambiti di pianificazione. Inoltre, per consentire la riduzione dei consumi energetici e realizzare sistemi efficienti, l'uso di sistemi ICT e di regolazione del flusso luminoso, se integrato con altri sistemi di raccolta dei dati (ad esempio controllo del traffico stradale, rilevamento d'inquinanti in atmosfera, etc.), consente di implementare una rete multi-servizio, a beneficio dei cittadini e delle amministrazioni. La visione della città intelligente sembra, quindi, richiedere la transizione da una progettazione "green" ad una "digitale".

Tuttavia l'analisi tecnico-economica, condotta su un piccolo comune Siciliano, indica come le soluzioni di "retrofit energetico-digitale" (1A e 2A) possano risultare non convenienti rispetto ad altre soluzioni.

Una nota in tal senso va fatta in merito ai benefici che un'infrastruttura intelligente può fornire ai cittadini. Se il beneficio, in termini di miglioramento della qualità della vita per i cittadini e in termini di gestione più efficiente dei vari servizi intersettoriali, per le Amministrazioni, potesse essere monetizzato, le soluzioni di "retrofit energetico-digitale" potrebbero acquistare maggior valore e diventare interessanti anche da un punto di vista economico.

Tutto questo mette in evidenza la necessità di valutare le azioni infrastrutturali per mezzo di un bilancio globale che tenga conto di valutazioni tecniche, ambientali, di gestione ma anche di potenzialità di interconnessione tra i diversi sistemi urbani.

## Capitolo 12 - Hub energetico distrettuale e microgrids: pianificazione di distretto

**Sommario** - Il capitolo cerca di collegare, operando a scala di distretto, le caratteristiche morfologiche urbane con il fabbisogno energetico e alcuni conseguenti parametri d'inquinamento. Dopo una disamina dei più comuni approcci allo studio dei Sistemi Energetici Urbani, presentati come una rete di hubs energetici multi-sorgente ed ibrida in cui i diversi flussi di energia vengono raccolti nello stesso bus e possono essere immagazzinati, trasportati o trasformati in base alle esigenze, un particolare focus viene presentato per l'infrastruttura e il sistema elettrico. In tale quadro, le risorse dell'hub e le infrastrutture interagiscono tra loro, risulta quindi difficile definire chiaramente i sistemi energetici così come i loro confini a livello urbano, così come la possibilità di generare nuovi modelli operativi basati sulle infrastrutture critiche esistenti. L'hub urbano dell'energia elettrica è quindi introdotto come una particolare Microgrid, in cui la funzione infrastrutturale, sia che si tratti di conversione o distribuzione di energia, è ben rappresentata. Questo contributo propone uno studio preliminare di hub energetici urbani. Le infrastrutture legate all'energia termica, all'energia elettrica e alla mobilità vengono considerate come caratteristiche qualificanti dell'hub; in tale sede il loro potenziale di interoperabilità tra non viene considerato e modellizzato. La parte applicativa mostra l'analisi e la progettazione ottimizzata del sistema energetico che serve due diversi distretti urbani. Il progetto ottimizzato è considerato in funzione delle caratteristiche urbane. I risultati sulle emissioni e i costi forniscono alcune conclusioni interessanti circa il legame tra pianificazione energetica e le caratteristiche urbane a livello distrettuale, offrendo, in tal modo un approccio alla pianificazione territoriale che integri sistemi energetici, in termini di infrastrutture, e contesti territoriali.

Nel capitolo sono più ampiamente sviluppati aspetti introdotti nella seguente pubblicazione scientifica:

- Riva Sanseverino E., Genco V.D., Scaccianoce G., Vaccaro V., Riva Sanseverino R., Zizzo, G., Di Silvestre, M.L., Arnone D., Paternò G. (2016). Chapter 4. Urban energy Hubs and microgrids: smart energy planning for cities. In: La Scala, M., Bruno, S., Nucci, C. A., Lamonaca, S., Stecchi, U. *From Smart Grids to Smart Cities: New Challenges in Optimizing Energy Grids*. Wiley-ISTE, ISBN: 978-1-84821-749-2

### 12.1 Introduzione

Come noto, i paesi Europei si trovano a dover raggiungere obiettivi di riduzione della CO<sub>2</sub> e della domanda di energia pro-capite sempre più stringenti (RoadMap 2050<sup>147</sup>). La Commissione europea è alla ricerca di modi economicamente efficienti per affrontare la politica europea volta a raggiungere tali obiettivi. L'UE dovrebbe ridurre le emissioni dell'80% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2050.

Gli obiettivi possono essere raggiunti solo attraverso un efficientamento congiunto di tutti i settori, in particolare, produzione e distribuzione di energia

---

<sup>147</sup>Secondo gli obiettivi della RoadMap2050, l'UE dovrebbe ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> del 80% rispetto ai livelli del 1990. Per raggiungere tali obiettivi si dovrebbe ottenere una riduzione del 40% entro il 2030 e del 60% entro il 2040. In: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>.

elettrica, trasporti ed edifici, che come noto sono tra i settori più energivori, oltre che essere i tre pilastri su cui si basa la struttura dei sistemi energetici urbani (Grubler et al., 2012; Evins et al., 2015).

Il settore della generazione di energia elettrica ha un buon potenziale di riduzione delle emissioni. La produzione di energia elettrica può, infatti, parzialmente sostituire l'uso di combustibili fossili nel settore dei trasporti e del riscaldamento degli edifici (a tal proposito si veda il caso studio presentato di seguito), oltre che essere generata grazie ad impianti che utilizzano FER. Ovviamente questo richiede forti investimenti nelle reti intelligenti e nelle microgrid (Guerrero et al., 2011; Guerrero et al., 2013).

Nel settore dei trasporti i maggiori progressi, si sono già avuti grazie al progresso tecnologico che ha riguardato i motori benzina e diesel. A lungo termine, la commercializzazione di auto ibride ed elettriche porterà a una riduzione delle emissioni più rapide in tale settore.

La tabella di marcia programmata dall'UE per raggiungere gli obiettivi al 2050, prevede che le emissioni nel settore edifici residenziali e terziari dovrebbero essere quasi completamente azzerate (riduzione del 90% nel 2050). Ciò attraverso un drastico miglioramento delle performance energetiche degli edifici e l'introduzione di sistemi di gestione nell'utilizzo delle risorse energetiche tra cui l'energia elettrica.

In tutti gli esempi virtuosi già esistenti del concetto *Smart city* (Riva Sanseverino, Riva Sanseverino e Vaccaro 2015a), la scala di distretto è in grado di proporre esempi concreti di economia circolare e condivisione delle risorse.

I sistemi energetici urbani (intesi come sistemi complessi costituiti da infrastrutture urbane, edifici ed utenti e dalle loro interazioni) possono quindi essere visti come *Hub energetici* (Geidl et al., 2007) intesi come:

«entità che consumano energia, definiti da infrastrutture collegate, per esempio, reti di distribuzione elettrica ed infrastrutture del gas naturale, che forniscono, in uscita, svariati servizi energetici come elettricità, riscaldamento, raffreddamento, aria compressa, ecc. L'energia in uscita da ogni sistema energetico, viene convertita all'interno dell'hub energetico, utilizzando ad esempio tecnologie di produzione combinata di calore ed energia, trasformatori, dispositivi elettronici, compressori, scambiatori di calore, e altre attrezzature, mettendo in atto un sistema di condivisione degli output a servizio di una multi-operabilità dei sistemi. Impianti che possono essere considerati come hub energetico sono per esempio quelli industriali (acciaierie, cartiere), gli edifici di grandi dimensioni (aeroporti, ospedali, e centri commerciali), i distretti rurali e urbani, e i sistemi energetici ad isola (treni, navi e anche le stesse isole)» (Geidl et al., 2007).

Sulla base del concetto di Hub energetico, gli insediamenti urbani saranno sempre più caratterizzati da una multioperabilità delle infrastrutture energetiche,

diversificate forme di energia, sempre più, verranno trasformate in energia elettrica e viceversa. In questa prospettiva, il sistema di generazione dell'energia ospiterà risorse energetiche sempre più varie.

In tale quadro, una delle più importanti infrastrutture dell'Hub Energetico Urbano è la *microgrid* che, assumendo la definizione del Department of Energy Microgrid Exchange Group degli USA<sup>148</sup>, è definita come:

«un gruppo di carichi interconnessi e risorse energetiche distribuite all'interno di confini elettrici ben definiti che agisce come una singola entità controllabile rispetto alla rete. Una microgrid può collegarsi e scollegarsi dalla rete per operare sia connessa alla rete o ad isola (scollegata dalla rete)».

Nella definizione CIGRE<sup>149</sup> le microgrids sono intese come sistemi di distribuzione dell'energia elettrica contenenti carichi e risorse energetiche distribuite (come ad esempio generatori distribuiti, dispositivi di accumulo e carichi controllati) che possono operare in un modo controllato e coordinato sia quando operano connessi alla rete principale che quando operano in modalità isolata.

## 12.2 Microgrid versus Hub energetico urbano

Le Microgrids sono quindi le infrastrutture fisiche principali su cui opera l'Hub energetico urbano (Fig. 72).

Le differenze tra il concetto di Hub energetico urbano rispetto a quello di microgrid può essere riassunto attraverso i seguenti punti (Guerrero et al., 2011; Guerrero et al., 2013):

- L'interdipendenza delle infrastrutture urbane che incidono sul funzionamento del sistema elettrico (infrastrutture per la mobilità elettrica, infrastrutture per il gas, sistema idrico, sistema di riciclaggio dei rifiuti), che è propria dell'Hub;
- La limitata penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili, che nelle città, soprattutto in contesti esistenti e storicizzati, non può essere considerata rilevante rispetto a quanto è nelle microgrids (secondo la definizione prima riportate).

Per quanto riguarda il primo punto, nella pianificazione tradizionale, le infrastrutture e i sistemi urbani sono spesso visti singolarmente (Geidl et al., 2007),

---

<sup>148</sup> <http://www.pdma.com/sites/default/files/uploads/tech-forums-alternative-energy/presentations/2012-apec-254-worldwide-microgrid-development-evolving-power-supply-paradigm.pdf>.

<sup>149</sup> Fondato nel 1921, il Consiglio sui Grandi Sistemi Elettrici (CIGRE), è un'associazione internazionale no-profit che promuove la collaborazione con esperti provenienti da tutto il mondo mediante la condivisione della conoscenza tecnica al fine di migliorare il sistema elettrico attuale e di domani. In: [http://www.cigre-italy.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1&Itemid=103](http://www.cigre-italy.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=103).



nonostante, una diversa lettura, più smart, possa essere fatta. Alcune infrastrutture infatti, sono altamente interattive ed interdipendenti. Tali dipendenze vi sono sia durante il normale funzionamento, sia durante eventi di carico estremo, durante i quali la curva di domanda di un determinato servizio urbano può avere un impatto sulla condizione di funzionamento del sistema elettrico (concetto multi-carrier nel contesto urbano, si veda paragrafo 6.2). La mobilità elettrica, il sistema di riscaldamento elettrico, nonché per esempio installazione di turbine mini-idroelettriche nelle condotte idriche o fognarie per la produzione di energia elettrica, sono esempi di possibili interazioni tra servizi urbani diversi (trasporto, riscaldamento, richiesta di acqua, etc.) ed infrastruttura elettrica.

La Figura mostra un schema esemplificativo di Hub energetico urbano come esempio di possibile pianificazione energetica a livello distrettuale. Il funzionamento, schematizzato in figura è il seguente: le acque reflue vengono trattate attraverso un sistema di bioreattore a membrana MBR<sup>150</sup> (Patsios e Karabelas, 2011) che fornisce acqua a basso gradiente di salinità che, opportunamente combinata con acqua salata (creata appositamente o spillata dal mare) e attraverso tecnologie che sfruttano il gradiente di salinità come quelle che utilizzano l'Elettrodialisi<sup>151</sup> Inversa, RED, o la Presso Osmosi Inversa o PRO, (Prante et al., 2014; Tedesco et al., 2015; Tedesco et al., 2016) produce energia elettrica.

Un progetto europeo in corso, REAPOWER<sup>152</sup>, sta dimostrando che questo modo di produrre e “immagazzinare” energia occupa volumi limitati. In più nel sistema descritto, il gas naturale alimenta sistemi di cogenerazione che forniscono al sistema sia energia elettrica che calore. Il calore potrebbe anche essere consegnato attraverso una rete di teleriscaldamento. Sistemi di accumulo di energia elettrica, acqua salata e calore possono permettere di consegnare il vettore all'impianto quando necessario, in modo da far fronte alle diverse curve di domanda compensate anche dalla produzione da FER.

Questo approccio sistemico, la cui ottimale scala spaziale è stata identificata dalla comunità scientifica nella scala di distretto (Wilbanks et al., 2012; Patsios e Karabelas, 2011) sembra la chiave per la pianificazione ottimizzata della città.

Recenti studi, infatti, si stanno concentrando sulla definizione di approcci integrati applicati al campo energetico degli insediamenti urbani (Allegrini et al.,

---

<sup>150</sup> Bioreattore a membrana, è una tecnologia per il trattamento delle acque reflue che è stata già distribuita in molte città. Il termine è usato per definire processi di trattamento delle acque reflue, dove una membrana permeabile e selettiva (microfiltrazione o ultrafiltrazione) è integrata con un processo biolo-gico-un bioreattore di crescita sospesa. Tutti i processi MBR disponibili in commercio oggi utilizzano la membrana come filtro, respingendo i materiali solidi che si sviluppano dal processo biologico, ottenendo così un prodotto effluente chiarificato e disinfettato. Il primo progetto sperimentale è stato realizzato in Germania nel 2008 da Siemens. <https://w5.siemens.com/italy/web/IS/AreaStampa/Documents/Acqua/Il%20primo%20bioreattore%20a%20membrana.pdf>.

<sup>151</sup> Processo per cui, applicata una differenza di potenziale, si ottiene l'allontanamento dei sali dalle soluzioni saline grazie all'impiego alternato di membrane cationiche e anioniche poste all'interno di una vasca e consententi rispettivamente il passaggio dei soli ioni positivi e dei soli ioni negativi.

<sup>152</sup> <http://www.reapower.eu/>

2015; Evins, Orehounig e Dorer, 2015). Principalmente l'attenzione è rivolta all'interazione tra gli edifici e le infrastrutture energetiche, come le reti termiche, gli impianti per la produzione di calore da rifiuti, la produzione di energia da impianti di energia rinnovabile (FER), ecc.

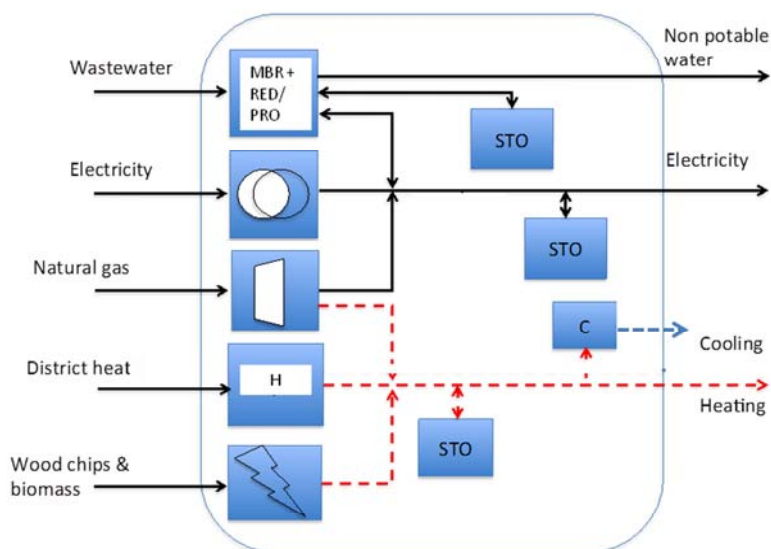


Figura 72. Esempio di Hub energetico urbano

In Allegrini et al. (2015) si specifica, infatti, che non è più sufficiente simulare e studiare l'uso di energia, configurando il singolo edificio come un sistema isolato dal contesto microclimatico ed urbano in cui si trova, così come modellare un sistema energetico urbano senza considerare gli edifici serviti.

Riguardo a ciò vengono individuati tre diversi campi di interazione a livello distrettuale o di sistema urbano:

- I sistemi energetici del distretto, che comprendono la rete di ICT, la rete elettrica, la rete di distribuzione di riscaldamento/raffreddamento (telerriscaldamento, DH, o teleraffreddamento, DC) e la rete di trasporto;
- La produzione di energia da fonti rinnovabili (compresi i sistemi di accumulo);
- Il microclima urbano e la sua relazione con la produzione di energia.

In questo contesto, gli edifici giocano un ruolo importante sia per quanto riguarda la domanda che la fornitura di energia elettrica.

Per quanto riguarda il primo aspetto, molti studi sono stati condotti nel campo dell'analisi di rischio, per studiare le interdipendenze e l'aumento della vulnerabilità

dei sistemi per effetto di interruzioni di servizio (Beccuti et al, 2011) o per effetto del cambiamento climatico<sup>153</sup> (Wilbanks et al., 2012).

Il lavoro in (Stergiopoulos et al., 2016) propone un'analisi della dipendenza dinamica per le infrastrutture critiche, tenendo conto di contesti di larga scala, intersettoriali e sottoposti a possibili guasti a cascata. Tale analisi viene effettuata mediante uno strumento di analisi della dipendenza delle infrastrutture critiche, CIDA, che implementa una metodologia basata sul rischio esteso. Il lavoro mostra l'effetto a cascata di un guasto ad una sottostazione su varie infrastrutture critiche. L'interdipendenza tra le infrastrutture ha quindi un aspetto critico in termini di valutazione del rischio e gestione dei guasti.

Per quanto riguarda la seconda questione è interessante lo studio effettuato in Evins, Orehounig e Dorer (2015), che dimostra, sulla base di valutazioni sperimentali, come, in ambiente urbano, il potenziale di utilizzo delle tecnologie per la produzione locale di energia sia limitato, in particolare per le energie rinnovabili. Lo studio evidenzia come, a livello locale, l'insieme delle applicazioni di generazione da FER può coprire al massimo l'1% del fabbisogno energetico di una grande città e un paio di punti percentuali in più per le piccole città a bassa densità. Ciò a causa della mancata corrispondenza tra la densità della domanda di energia urbana, che è alta, e la possibilità di approvvigionamento energetico da FER, che, soprattutto in ambito urbano, e tanto più in insediamenti esistenti e di valore storico-architettonico, si presenta limitata.

Lund, Mikkola e Ypyä (2015) hanno dimostrato come l'installazione di sistemi di accumulo elettrico potrebbe aumentare in modo significativo la quota di energia da fonti rinnovabili consumata annualmente, anche in contesti urbani. Inoltre, per accumulare l'energia elettrica in eccesso prodotta da FER, possono essere impiegati sistemi di conversione dell'energia elettrica in termica. Il calore, attraverso accumuli di acqua calda o fredda, per esempio in impianti di teleriscaldamento /raffrescamento (DH/DC), è effettivamente più facile ed economico da accumulare rispetto che l'energia elettrica. In questo modo, inoltre, si potrebbe avere una gestione ottimizzata in parallelo dei due sistemi, elettrico e termico, che, inoltre permettendo una produzione che supera l'autoconsumo, permetterebbe una maggiore produzione di energia elettrica da FER, oltre che offrire una maggiore flessibilità al sistema elettrico.

Guardando le implementazioni più recenti, che mostrano la strada della pianificazione infrastrutturale del futuro, due casi dimostrano che le Microgrids possono aumentare la resilienza del Sistema Energetico Urbano. Uno è la *Power Matching City*<sup>154</sup>, il primo progetto pilota al mondo (iniziato nel 2009) ad

---

<sup>153</sup>Si veda, ad esempio, per esempio (Beccuti et al, 2011), in cui vengono studiata sotto questo profilo l'infrastruttura ICT e l'infrastruttura elettrica.

<sup>154</sup><http://www.powermatchingcity.nl/site/pagina.php?id=73>

implementare, quartiere esistente (Hoogkerk, un quartiere nella città di Groningen, Paesi Bassi settentrionali), una rete energetica intelligente. La rete collega domanda e offerta di energia elettrica e calore in modo intelligente. L'obiettivo del progetto è quello di testare un sistema di libero scambio di flussi di energia che sfruttino al massimo l'energia da FER quando disponibile. Dalla fine del 2011, 42 famiglie sono parte del progetto. Un sistema centralizzato di gestione dei flussi attiva gli elettrodomestici e i veicoli elettrici di ricarica quando l'energia da FER è maggiore rispetto alla domanda e quindi molto più conveniente, in termini di tariffe, rispetto alla media dei prezzi dell'energia. Il progetto mette in luce come, una rete intelligente possa essere possibile solo quando la domanda fisica e l'alimentazione sono direttamente correlate alle variazioni dei prezzi dell'energia elettrica in circostanze di mercato. La limitazione della libertà dei cittadini, che permettono la gestione di parte del proprio carico ad un sistema esterno, viene infatti ripagata con guadagni in bolletta.

Il secondo caso studio viene presentato da Siemens<sup>155</sup> e mostra i vantaggi delle microreti durante eventi calamitosi. Lo studio tratta la vulnerabilità del sistema elettrico e le misure che potrebbero essere adottate per ridurre i rischi di approvvigionamento. Il caso riportato è quello dell'Uragano Sandy nel 2012 a Coop City - un complesso residenziale nel Bronx, New York City - che ha colpito gravemente la rete elettrica. Si sistema energetico del complesso residenziale di Coop City sfrutta un impianto di trigenerazione che con una turbina a vapore da 40 MW, genera energia, calore e freddo. Il sistema, attraverso una microgrid, serve 14.000 appartamenti in 35 edifici a torre. Durante la tempesta, la microgrid ha continuato a fornire elettricità, calore, acqua calda e aria condizionata (A/C) per 60.000 residenti, mentre le aree limitrofe sono rimaste senza alcuna forma di approvvigionamento energetico. L'investimento iniziale della microgrid è stato ripagato dopo soli cinque anni grazie anche alla vendita di energia in eccesso alla rete elettrica.

Ciò mostra come distretti ad alta densità possano beneficiare dall'installazione di impianti centralizzati per la fornitura di energia ad alta efficienza (unità di trigenerazione o di cogenerazione).

### **12.3 Approcci e strumenti per la pianificazione di Hubs energetici urbani**

Tre principali questioni sono da affrontare quando ci si approccia ad una pianificazione di distretto configurandolo come Hubs energetico:

- A. *Politica*: esplorare gli impatti sistemici ed individuali di diverse scelte pianificatorie;

---

<sup>155</sup><http://www.preventionweb.net/publications/view/36081>

- B. *Analisi*: cosimulazione allo scopo di considerare, quanto più possibile, il contributo derivante dalle diverse infrastrutture critiche;
- C. *Progettazione e funzionamento*: progettazione delle nuove infrastrutture (scelte tecniche) e gestione per il funzionamento ottimale dei sistemi.

### 12.3.1 Politica

Per quanto riguarda il primo punto, uno degli aspetti più interessanti da analizzare riguarda il meccanismo che regola la domanda di servizi urbani e il *bilancio energetico globale dell'Hub*. Ciò che è stato osservato nelle città esistenti; infatti, le caratteristiche sistemiche nell'uso dell'energia a livello urbano sono generalmente più rilevanti rispetto ai singoli consumi, relativi ai singoli settori.

A titolo di esempio “nell'ambito della mobilità urbana, in riferimento ai trasporti pubblici, la quota di utilizzo di modelli di trasporto ad alto livello di occupazione (pari al numero di persone che usufruiscono del mezzo di trasporto per tratta), è un fattore più rilevante rispetto che la l'efficienza complessiva della flotta di veicoli urbani (che si tratti di autobus o automobili ibride). Inoltre in insediamenti compatti non periferici, caratterizzati da edifici ad alta densità abitativa (abitazioni multifamiliari), l'uso quasi esclusivo di mezzi di trasporto pubblici, anche in contesti caratterizzati da prestazioni energetiche degli edifici nella media, possono avere, nel bilancio energetico globale, un peso maggiore rispetto a quello che, in contesti a bassa densità, ha la riqualificazione energetica di tutti gli edifici del distretto (case monofamiliari), secondo gli standard Passivhaus, ma, in cui vengono utilizzate due automobili a famiglia per gli spostamenti quotidiani (Grubler et al., 2012)

### 12.3.2 Analisi

L'analisi energetica sistemica dei distretti urbani riguarda la possibilità di simulare il *comportamento delle varie parti del sistema urbano e definire curve di domanda termica ed elettrica in uscita*. In contesti urbani sembra essere conveniente che tale analisi venga effettuata mediante strumenti di *co-simulazione*, il più possibile *multi-sistemica* (Molitor et al., 2014; Allegrini et al., 2015).

Nella maggior parte dei casi riportati in letteratura, le simulazioni si riferiscono a diverse scale temporali (annuali, mensili e/o orarie) e alle diverse scale territoriali (singolo edificio/distretto) e in genere riguardano solo i fabbisogni termici, considerando quindi le infrastrutture elettriche e i relativi componenti sotto ipotesi largamente semplificate. Alcuni autori hanno cercato di co-simulare i sistemi elettrici e termici (Molitor et al., 2012), definendo però un software (MES-COS) di difficile applicazione perché con livelli di dettaglio dei dati di input troppo elevati.

Di seguito si presenterà una disamina dei principali strumenti di simulazione di distretto o microgrid utilizzati in letteratura (Tab. 31).

- *City Sim* (Thomas et al., 2014; Miller et al., 2015) è un esempio di strumento di simulazione energetica di distretto, anche se non multi-sistemico. Il software utilizza un modello 3D dei volumi del distretto che vengono caratterizzati da un punto di vista termo-fisico per indagarne i consumi considerando le interazioni a livello microclimatico urbano. *City Sim* permette di simulare il fabbisogno termico di più edifici a scala di distretto utilizzando modelli semplificati, allo scopo di definire i flussi di energia di diverse configurazioni urbane (per esempio diverse densità abitative). Lo scopo è quello di fornire un supporto alle decisioni per la pianificazione energetica urbana riducendo al minimo l'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili. Le prestazioni termiche di ogni edificio, vengono simulate sulla base dell'analogia elettrica utilizzando un modello termico resistore-condensatore, il software integra una serie di modelli di sistemi impiantistici (pompe di calore, caldaie, FV, etc.) oltre che un modello radiativo per la radiazione ad onda corta, allo scopo di identificare i guadagni solari sulle facciate e sui tetti. *CitySim* considera anche lo scambio radiativo ad onda lunga tra le superfici esterne degli edifici e l'ambiente. Il comportamento degli occupanti viene modellato attraverso un modello stocastico allo scopo di rappresentare le incertezze per quanto riguarda il comportamento delle persone all'interno degli edifici (Allegrini et al., 2015). Non vengono però incluse nella simulazione l'incidenza della ventilazione esterna, gli impianti di produzione di energia a uso distrettuale come il sistema di distribuzione di energia elettrica, del gas e dei trasporti. Alcuni lavori riportano l'analisi distrettuale degli edifici applicando *City-Sim* congiuntamente ad *EnergyPlus*. Lo scopo è quello di integrare il livello di dettaglio, nella simulazione degli edifici che ha *EnergyPlus* e la capacità di valutare l'interazione tra diversi edifici (per esempio lo scambio radiativo) che, a livello distrettuale *CitySim* modella. *CitySim* e *EnergyPlus* tuttavia non considerano nel bilancio la presenza delle infrastrutture elettriche e il loro comportamento.
- Tra gli strumenti multi-disciplinari, vale la pena ricordare *EnergyPlan* (Østergaard, 2015). Questo esegue simulazioni orarie multi-dominio del funzionamento dei sistemi energetici di grandi dimensioni, comprendendo il sistema elettrico, sistema di riscaldamento, di raffreddamento e i trasporti. Lo strumento freeware è stato sviluppato presso l'Università di Aalborg, in Danimarca e può gestire la simulazione di diversi scenari. Può essere utilizzato per diversi tipi di analisi del sistema energetico: analisi tecnica, di mercato e studi di fattibilità. Gli ingressi al software sono le curve di carico elettrico e termico orarie, i dati meteorologici e di disponibilità delle risorse energetiche, l'efficienza e il costo delle tecnologie di conversione dell'energia, i costi di O&M, i vincoli sulle emissioni e le strategie di ottimizzazione. Come outputs si hanno la

produzione di energia, i costi e le emissioni per la strategia selezionata. Questi strumenti possono essere impiegati per la valutazione di fattibilità di sistemi di generazione distribuita a larga scala, DG, ma anche per l'analisi della DG in distretti urbani (Manfren, Caputo e Costa, 2011; Keirstead, Jennings e Sivakumar, 2012).

Tra gli strumenti di simulazione riguardanti prettamente il comportamento del sistema elettrico si fa nota di *Hybrid2* e *GRID-Lab*.

- Il pacchetto software *Hybrid2*<sup>156</sup> è uno strumento gratuito e facile da usare, capace di calcolare dettagliatamente le performance e l'analisi economica di una vasta gamma di sistemi di generazione elettrica ibridi (considera turbine eoliche, FV, accumuli, etc.), utilizzando dati probabilistici per prevedere le prestazioni del sistema di generazione ibrido. I sistemi possono essere modellati in corrente continua e/o alternata. Il software permette di implementare una serie di differenti strategie di controllo che considerano per esempio le interazioni tra i gruppi elettrogeni diesel e le batterie.
- *GridLAB-D*<sup>157</sup> è un recentissimo software gratuito open source, che non fornisce una interfaccia utente grafica. A causa di questo fatto, il software potrebbe non essere di facile applicazione. Si tratta di un nuovo strumento di simulazione e analisi del sistema di distribuzione dell'energia elettrica che fornisce informazioni per gli utenti che progettano e gestiscono le reti di distribuzione e che desiderano sfruttare le più recenti tecnologie. GridLAB-D è stato sviluppato dal Dipartimento statunitense dell'Energia (DOE) presso il Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Il nucleo di GridLAB-D ha un algoritmo avanzato che coordina contemporaneamente lo stato di milioni di dispositivi indipendenti, ognuno dei quali è descritto da più equazioni differenziali. Permette di studiare il comportamento del sistema elettrico a steps che vanno dai secondi agli anni e di analizzare come certi parametri possono influire nel sistema, considerando le interazioni tra i fenomeni fisici, il mercato delle tecnologie e l'economia regionale, oltre che l'interazioni con i clienti finali.
- *RETScreen*<sup>158</sup> (dove RET sta per Renewable-energy and Energy-efficient Technologies) può essere definito come un software di simulazione di supporto decisionale. Si tratta di un software di gestione del sistema energetico finalizzato a valutare la fattibilità di progetti. Il software può essere utilizzato per valutare la produzione di energia, il risparmio, i costi, la riduzione delle emissioni, la sostenibilità finanziaria e i rischi per i vari tipi di impianti di produzione da FER considerati. Il software include anche

---

<sup>156</sup> HYBRID2, Wind Energy Center, In: <http://www.umass.edu/windenergy/research/topics/tools/software/hybrid2>

<sup>157</sup> GRID-Lab, Simulation Software In: <http://www.gridlabd.org/>, accessed on Sep. 2015

<sup>158</sup> RETScreen Natural Resources Canada. In : <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>, accessed on Sep. 2015.

un database di prodotti e progetti, oltre che database climatici e idrologici. RETScreen si compone di due programmi separati, uno di aiuto ai decisori per determinare la fattibilità tecnica e finanziaria dei progetti, e uno di gestione dell'energia. Fondamentale per la modellazione con il software RETScreen è il confronto con un caso base, tipicamente la tecnologia convenzionale, rispetto ad un progetto che utilizza energia rinnovabile. RETScreen in ultima analisi, non affronta la questione dei costi assoluti, ma piuttosto dei costi incrementali rispetto al caso base.

- *RAPSim*<sup>159</sup> è un software gratuito sviluppato presso l'Università di Klagenfurt. Fornisce modelli di base per la simulazione delle diverse fonti di energia rinnovabili e le richieste di carico all'interno di una microrete. Questo è in grado di simulare le prestazioni degli impianti da FER in condizioni semi reali, considerando anche qualche valore d'incertezza delle condizioni meteorologiche. Il simulatore è inoltre in grado di condurre, per la microgrid, un'analisi dei flussi di energia elettrica generati che aiuta ad analizzare l'impatto delle fonti energetiche rinnovabili sul sistema elettrico complessivo. Questo software è utile per simulare microreti intelligenti, per modellare i suoi componenti come parte di un sistema e porre gli impianti FER in modo ottimale, per ottenere la migliore qualità di potenza e condizioni di flusso, all'interno del sistema. Lo strumento utilizza modelli di impianti da FER ad altri strumenti, ad esempio, i dati meteorologici e permette all'utente di modificare gli algoritmi esistenti.

Tabella 31. Alcuni strumenti di analisi dei sistemi energetici urbani

	Sistema valutato	Possibilità di valutare sistemi di generazione distribuiti	Controllo della simulazione	Intervalli della simulazione
<b>MESCOS</b>	Elettrico e Termico	Si	Si (complessa)	Secondo
<b>CITYSIM</b>	Termico		No	Ora
<b>ENERGYPLUS</b>	Elettrico e Termico		No	Minuto
<b>ENERGYPLAN</b>	Elettrico-Termico-Trasporti		Si (semplice)	Ora
<b>HYBRID2</b>	Elettrico		Si (complessa)	5 minuti
<b>GRID-LAB</b>	Elettrico (dettagliato)		Si (complessa)	Secondo
<b>RETSCREEN</b>	Elettrico		No	Ora

<sup>159</sup> RAPSim - Microgrid Simulator Web Site. In: <http://sourceforge.net/projects/rapsim>, accessed on Sep. 2015.



	Sistema valutato	Possibilità di valutare sistemi di generazione distribuiti	Controllo della simulazione	Intervalli della simulazione
<b>RAPSIM</b>	Elettrico (dettagliato)		Si (semplice)	Minuto

Alla luce di quanto visto, ciò che manca nella letteratura esistente per la modellazione degli Hubs energetici urbani è il considerare le diverse infrastrutture urbane e le loro possibili interazioni a livello di tecnologie e di funzionamento.

La co-simulazione dovrebbe essere rivolta alle possibili interazioni tra le varie reti di servizi. Le interazioni dei sistemi infrastrutturali dell'Hub e quindi il miglioramento dell'efficienza dello stesso sussistono a livello di utilizzo (gestione combinata dei flussi di energia termica ed elettrica), a livello d'offerta (generazione da fonti diversificate) così come a livello infrastrutturale, in cui sono coinvolti l'efficienza dei componenti e l'efficienza in termini di qualità dei servizi anche nel caso si verifichino guasti (Fig. 73).

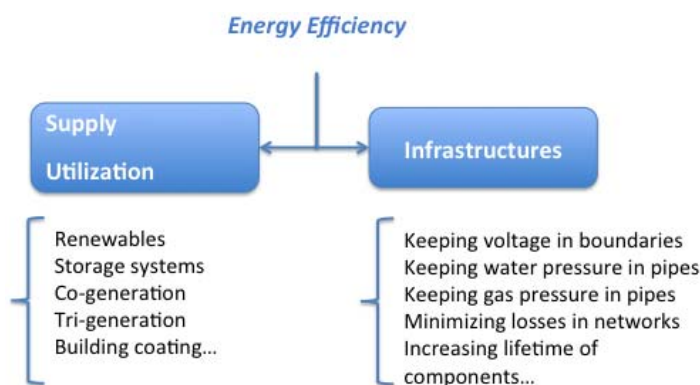


Figura 73. Caratteristiche di efficienza dell'Hub energetico urbano

### 12.3.3 Software di progettazione e ottimizzazione del funzionamento dei sistemi

Di seguito viene data una panoramica degli strumenti di ottimizzazione per la pianificazione delle microgrids.

Gli strumenti di ottimizzazione più comuni sono il software *HOMER* (Singh, Baredar e Gupta, 2015; Lambert, Gilman e Lilienthal, 2006) e il *DER-CAM*.

Di seguito si presenta una breve descrizione (Tab. 32):

- *HOMER* supporta la progettazione e l'ottimizzazione dei sistemi di microrete valutando configurazioni diverse in base a diversi parametri, ma soprattutto basandosi sul costo del ciclo di vita. Il software consente la valutazione della fattibilità tecnica del sistema, attraverso simulazioni

effettuate su un intero anno di funzionamento. È possibile gestire diversi vettori energetici (elettricità, calore, idrogeno) e simulare diversi dispositivi che sono in grado di generare, assorbire o trasformare questi vettori energetici: generatori elettrici, rete, caldaie (energia dispacciabile); moduli fotovoltaici, turbine eoliche, turbine idroelettriche (fonti rinnovabili imprevedibili); convertitore elettrico (CC/CA e CA/CC); accumuli. I carichi considerati sono di due tipi: elettrico e termico. Tutti i parametri, tecnici ed economici, del sistema di microrete considerato devono essere configurati dall'utente su scala oraria. A questo scopo, il software fornisce alcuni database con informazioni complete. Una volta definita la struttura della microgrid, il modellatore può impostare tutte le opzioni di simulazione per quanto riguarda la valutazione economica (interessi, durata del progetto etc.) e le condizioni di controllo del sistema (obiettivo di riduzione, per esempio dei costi o della CO<sub>2</sub> emessa, strategia di dispacciamento dell'energia, etc). Nel processo di ottimizzazione, *HOMER* simula molte differenti configurazioni di sistema alla ricerca di quella che soddisfa i vincoli tecnici al minor costo del ciclo di vita. Nel processo di analisi di sensitività, svolge, inoltre, molteplici ottimizzazioni sotto una serie di ipotesi di ingresso per valutare gli effetti delle incertezze o cambiamenti negli input al modello.

- Il secondo strumento di pianificazione e ottimizzazione del funzionamento della microgrid è *DER-CAM*, concepito al BerkeleyLab negli Stati Uniti, che si configura come uno strumento di supporto alle decisioni e di ottimizzazione tecnico-economica. Si concentra sull'analisi, la pianificazione e il funzionamento di sistemi di generazione distribuita (DER, Distributed Energy Resources) riguardo all'energia elettrica e termica. La versione gratuita del software di *DER-CAM* si chiama WebOpt. In questa, non è possibile modellare la microrete, ma solo impostare le proprietà di tutti i dispositivi e delle tecnologie da installare nel sistema studiato. Il primo passo riguarda le impostazioni di ottimizzazione, qui si definisce l'investimento iniziale e alcune caratteristiche delle tecnologie da installare oltre che scegliere le opzioni di ottimizzazione (l'utente può decidere l'obiettivo secondo cui ottimizzare ad esempio una minimizzazione dei costi o una riduzione al minimo della CO<sub>2</sub>). È anche possibile calcolare un'ottimizzazione multi-obiettivo. Successivamente l'utente deve impostare i profili di carico. Il software modella diversi carichi: energia elettrica, refrigerazione, riscaldamento, acqua calda sanitaria e gas naturale. Per ognuno di questi carichi possono essere impostati tre valori: settimana, fine settimana e picco. WebOpt fornisce anche un ampio database di profili di carico per i diversi utenti finali, per le nuove costruzioni e per quelle pre e post 1980. Questo strumento consente inoltre di definire profili di prezzo in funzione della

domanda, della disponibilità di risorse e del tipo di mix di impianti simulato.

- *iHOGA*<sup>160</sup> è un software gratuito (versione didattica) di simulazione e ottimizzazione per i sistemi rinnovabili ibridi per la generazione di energia elettrica (CC e CA) e/o idrogeno. L’ottimizzazione si ottiene riducendo al minimo i costi totali del sistema durante la propria vita utile, per mezzo del costo attuale netto (NPC). L’ottimizzazione di base è quindi mono-obiettivo e su base finanziaria, tuttavia attraverso funzioni obiettivo aggiuntive che utilizzano algoritmi genetici possono essere eseguite ottimizzazioni multi-obiettivo. Il sistema ibrido modellato può comprendere una gamma molto ampia di dispositivi e tecnologie elettriche. Lo strumento simula sia sistemi isolati che sistemi connessi alla rete. Infine, considera la valutazione delle emissioni nel ciclo di vita e la possibilità di acquistare e/o vendere l’energia alla rete elettrica.

Tabella 32. Strumenti di ottimizzazione per sistemi energetici urbani

	Modellazione dell’Infrastruttura	Presenza di risorse energetiche distribuite	Controllo della simulazione	Time step di simulazione	Ottimizzazione
<b>HOMER</b>	Elettrico-Termico	Si	Si (impostato dall’utente)	Risoluzioni al minuto	Costo del ciclo di vita o Costo attuale netto
<b>DER-CAM (WebOpt)</b>	Elettrica (*)		No	5 minuti	Costo minimo ed emissioni
<b>iHOGA</b>	Elettrica		Si	1 ora	Costo attuale netto, emissioni, carichi non soddisfatti

(\*) non per la versione gratuita

Tutti gli strumenti citati, sia per l’analisi che per la progettazione e l’ottimizzazione del funzionamento, eseguono simulazioni che non considerano le caratteristiche contestuali nonostante, come già indicato, nei contesti urbani esista un collegamento tra parametri di contesto e bilancio energetico, specialmente per ciò che riguarda la morfologia dell’insediamento.

<sup>160</sup> iHOGA – Universidad de Zaragoza, In: [http://personal.unizar.es/rdufo/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=104&lang=es](http://personal.unizar.es/rdufo/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=104&lang=es)

Un tentativo interessante di colmare questa lacuna è proposto dal progetto Pro-Forma<sup>161</sup>. Lo strumento di analisi e di progettazione on-line, definito dal Massachusetts Institute of Technology, stima il consumo di energia dei residenti in base alle caratteristiche di progettazione del quartiere. In base alla classificazione della forma urbana, il software esplora le molte forme che i quartieri possono assumere e produce i risultati in termini di fabbisogno energetico. Il software valuta il consumo di energia, integrando in modo diverso edifici alti e bassi con diversi modelli. I modelli riguardano per esempio diverso orientamento e diversa prossimità degli edifici come anche la diversa larghezza delle strade e la diversa distribuzione nei quartieri di edifici pubblici come scuole e uffici, in modo da valutarne gli effetti sul sistema e i consumi relativi al settore mobilità. Le valutazioni portano alla definizione del consumo energetico e delle emissioni di carbonio annue sulla base dell'altezza media degli edifici, della superficie media delle coperture degli edifici, delle pareti esposte a sud, della percentuale di presenza di aree commerciali rispetto all'area del quartiere, etc..

Tuttavia, l'approccio non prende in considerazione i problemi infrastrutturali legati all'interconnessione dei sistemi, inoltre una metodologia chiara di come vengono eseguite le valutazioni relative ai consumi energetici e alla mobilità non viene delineata.

Nella sezione successiva, gli autori propongono un nuovo approccio per trovare un nesso tra i parametri urbanistici e caratteristiche relative alla pianificazione del sistema elettrico e termico in modo da fornire all'esperto di pianificazione urbana, alcuni strumenti per affrontare la pianificazione energetica integrata dei sistemi urbani.

La domanda di mobilità elettrica è considerata attraverso un modello statistico ed i risultati sono integrati nello strumento di co-simulazione e ottimizzazione utilizzato (HOMER). L'approccio può facilmente integrare i problemi di funzionamento infrastrutturali accoppiandoli con simulatori delle reti termica ed elettrica.

Questo approccio è stato applicato a due diversi quartieri di una piccola città siciliana.

## **12.4 Metodologia di pianificazione integrata: applicata a due distretti siciliani**

La metodologia proposta cerca di mettere insieme diversi strumenti di simulazione per impostare un ambiente di co-simulazione in modo da elaborare un

---

<sup>161</sup> Sviluppato dal MIT. In: <http://energyproforma.mit.edu/webtool2S/home>, nel sito, il software può essere scaricato gratuitamente.

layout ottimizzato delle risorse per la pianificazione dei distretti secondo il concetto di Hub energetico urbano. L'obiettivo finale è individuare un nesso significativo tra i parametri urbani e le caratteristiche energetiche al fine di offrire strumenti per una analisi preliminare alla riqualificazione energetica degli distretti.

La Fig. 74 mostra l'approccio metodologico al problema.

Strumenti di calcolo elettrico, termico e di mobilità sono integrati per elaborare il layout ottimizzato delle fonti rinnovabili disponibili e di altre fonti di generazione di energia del distretto. Le soluzioni producono effetti diversi sull'ambiente analizzato sulla base anche della "morfologia urbana dell'insediamento".

La metodologia viene applicata a due diversi quartieri dello stesso comune caratterizzati da diversa densità abitativa. Il punto di partenza della metodologia è quello di definire le principali caratteristiche urbane dei distretti analizzati. Attraverso l'analisi di cartografie comunali e degli strumenti urbanistici vigenti nel comune, vengono identificati i principali indici morfologici specificandone il significato e i possibili collegamenti con il fabbisogno energetico dell'impianto urbano.

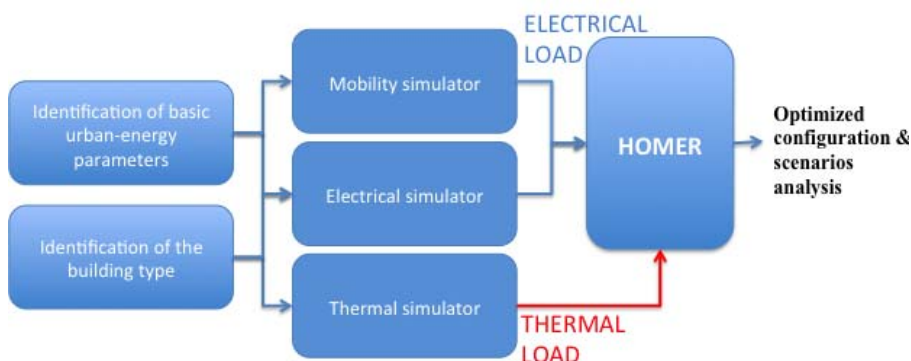


Figura 74. Approccio metodologico all'analisi e pianificazione del distretto.

#### 12.4.1 Definizione di parametri urbanistici ed energetici per il distretto

Il primo punto della metodologia è la caratterizzazione dei parametri urbanistico-energetici di classificazione del distretto e del fabbisogno dei suoi edifici, in quanto strutture che, assieme al settore trasporti, definiscono la maggior parte del consumo del distretto.

Tabella 33. Parametri urbanistico-energetici di base per quartiere residenziale.

Parametro	Unità di misura e formula	Significato ed uso
<i>Parametri di base della classificazione del distretto</i>		
Numero di abitanti del distretto, $N_{ab}$	n.	-
Numero totale di edifici del distretto, $N_e$	n.	-
Superficie totale del distretto, $A_d$	$m^2$	-
Superficie costruita del distretto, $A_c$	$m^2$	-
Superficie a verde del distretto, $A_v$	$m^2$	Oltre ad essere un parametro urbanistico, da un'indicazioni sulle superfici del distretto che possano essere disponibili all'installazione di impianti mini FER ad uso dell'intero distretto (i.e. minieolico ad asse verticale, minore impatto ambientale e maggiore possibilità di installazione in ambienti urbani; impianti fotovoltaici integrati su pensiline; etc). Gli spazi verdi, se provvisti di vegetazione ad alto fusto, hanno anche un effetto di mitigazione sull'effetto isola i calore <sup>162</sup> (Icu).
Superficie strade, $A_s$	$m^2$	Oltre ad essere un parametro urbanistico, da un'indicazioni delle superfici non permeabili del distretto, che influiscono sull'Icu e a parametri di inquinamento dovuti al traffico veicolare.
Superficie dei tetti del distretto, $A_t$	$m^2$	Oltre ad essere un parametro urbanistico, può dare indicazioni sul potenziale di installazione di impianti fotovoltaici o di solare termico per gli edifici del distretto. Indica la superficie totale dei tetti del distretto.
Superficie utile dei tetti del distretto, $A_{tu}$	$m^2$	Indica la superficie utile all'installazione di impianti solari. Viene calcolato applicando una percentuale di riduzione (%) alla superficie totale dei tetti del distretto ( $A_t$ ). Tale percentuale dipende dall'esposizione dei tetti (non si considerano le falde esposte a nord) e dalle ombre generate da ostacoli (i.e. volumi lucernaio e/o locale tecnico ascensore). Questa può essere simulata tramite software specifici o mappe volumetriche del distretto.
Superficie disperdente totale, $S_{ext}$	$m^2$	E' pari alla somma delle superfici disperdenti degli edifici del distretto. Da un indicazione della vicinanza degli edifici del distretto e informazioni sulla tipologia di edifici prevalente del distretto
Altezza media edifici, $H$	$m^2$	-
Volume lordo riscaldato del distretto, $V_d$	$m^3$	Somma del volumi riscaldato degli edifici del distretto.
Rapporto di forma del distretto, $R_{df}$	$R_{df} = S_{ext}/V_d (m^{-1})$	Da un'indicazione della compattezza media degli edifici del distretto che è anche legata alla tipologia architettonica prevalente del distretto (ad esempio se

<sup>162</sup> I sistemi urbani si trovano oggi a dover affrontare un aumento delle temperature, rispetto alle aree rurali a loro contigue, definito come "isola di calore urbana". Il fenomeno è caratterizzato un differenziale di temperatura tra centro e periferia fino a 10-15 °C maggiore per le aree urbane. I fattori che influenzano tale fenomeno sono sia geografici che urbanistici (e.g. altitudine, vegetazione, dimensione e morfologia urbana, attivitàumane quali ad esempio l'intensità di traffico).

		sono edifici a blocchi, più compatti, o in linea, meno compatti). Inoltre, in generale, bassi valori di Sdf sono indicativi di forme edilizie più efficienti da un punto di vista energetico.
Indice di densità territoriale, Idt	$I_{dt} = V_d/A_d$ ( $m^3/m^2$ )	Da un'indicazione del carico di edificazione del distretto, a livello pianificatorio rappresenta il volume massimo costruibile per unità di superficie dell'area da regolamentare; alti valori di tale parametro sono identificativi di contesti urbani a più alta densità costruttiva.
<b>Parametri che caratterizzano il microclima urbano (tali parametri non verranno approfonditi in tale sede)</b>		
Distanza media tra edifici, $D_{me}$	m	Parametro che influisce sulle caratteristiche microclimatiche del sito, influenzando, quindi, notevolmente sulla domanda di energia degli edifici. Esso è infatti legato alla possibilità di ventilazione naturale. In generale, le condizioni microclimatiche nelle aree delle aree rurali o a bassa densità edilizia differiscono molto da quelle urbane o ad alta densità; la temperatura dell'aria in quest'ultime è molto più alta rispetto a quella delle aree rurali a causa dell'Icu; la velocità del vento è minore a causa dell'altezza, della vicinanza e della densità degli edifici nel distretto e la radiazione solare è influenzata dall'effetto di ombreggiamento e riflessione dato dagli edifici limitrofi

I fattori che influenzano il consumo degli edifici nei contesti urbani, cioè la domanda di energia da soddisfare (Salat, 2009), possono essere individuati da:

1. Efficienza della forma urbana e in particolare la sua densità (studi del MIT dimostrano che una morfologia urbana efficiente può ridurre i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub> di un fattore di due. Tale fattore può essere caratterizzato da quei parametri della Tab. 33 che caratterizzano il microclima urbano);
2. Le prestazioni degli edifici, determinata da caratteristiche geometriche, caratteristiche termo fisiche d'involucro ed efficienza delle apparecchiature e dei sistemi impiantistici (si veda paragrafo 9.4)
3. Il comportamento degli abitanti;
4. Tipo di energia utilizzata. La differenza del contributo all'effetto serra, infatti, varia fino ad un fattore di dieci tra energia da fonte fossile ed energia da fonte rinnovabile (Ratti, Baker e Steemers, 2005).

Per la caratterizzazione degli edifici e la stima dei consumi si è utilizzato un approccio bottom-up di tipo ingegneristico (si veda Cap.9). Quindi, dall'analisi degli edifici dei contesti da analizzare, attraverso una indagine riferita alle principali caratteristiche ingegneristiche degli stessi e riferibili al punto 2 del precedente elenco, si individuano degli "archetipi" (edificio tipo) identificativi degli edifici dei diversi distretti. Si è assunto che il punto 2 potesse essere riassunto attraverso parametri geometrici di forma dell'edificio e parametri energetici legati all'epoca costruttiva dell'edificio. Attraverso l'utilizzo di un software di calcolo si sono

stimati i consumi termici, riscaldamento (R) e acqua calda sanitaria (ACS), degli “edifici tipo” individuati. I carichi termici totali dello stock di edifici a scala di distretto, sono quindi calcolati moltiplicando i consumi di ogni “edificio tipo” per il rispettivo numero di edifici del distretto riferibile a ciascuno di essi.

Tab. 34 mostra le principali parametri per la caratterizzazione di ogni edificio tipo allo scopo di definirne i carichi termici.

Tabella 34. Parametri per la caratterizzazione delle tipologie architettonico-energetiche per la valutazione del carico termico

Tipologia edilizia	Caratteristiche geometriche della tipologia di edificio identificato							
	A	Superfici e netta totale (m <sup>2</sup> )	Piani (n.)	Appartamenti (n.)	Superficie esterna edificio, S (m <sup>2</sup> )	Volume lordo riscaldato, V (m <sup>3</sup> )	S/V <sup>(*)</sup> (1/m)	
Caratteristiche architettonico-energetiche della tipologia di edificio individuata								
Periodo costruttivo		Valore di trasmittanza (W/m <sup>2</sup> K)				Sistemi di riscaldamento e produzione ACS		
		Basamento	Muri esterni	Tetto	Finestre	Riscaldamento <sup>(**)</sup> , R	ACS <sup>(**)</sup>	Type <sup>(***)</sup>

(\*) “Rapporto di forma”.

(\*\*) Tipologia di sistema e di fonte energetica (energia elettrica; gas; etc).

(\*\*\*) Autonomo o centralizzato per appartamento; Combinato (R+ACS) o no.

Per ciò che riguarda il comportamento degli abitanti (punto 3 dell’elenco sopra riportato), questo può essere standardizzato in funzione dell’utilizzo comune degli impianti termici che è riferito alla specifica zona climatica a cui appartengono i distretti da analizzare, mentre i consumi di energia elettrica possono essere stimati o assunti, utilizzando riferimenti normativi o lavori scientifici sperimentali (nel caso della Regione Sicilia, si veda per esempio Filogamo et al., 2014).

### 12.4.2 Simulazione dei carichi termici ed elettrici per gli edifici archetipo

La stima del fabbisogno termico degli edifici, per il caso analizzato, è stata eseguita attraverso l’impiego del software di simulazione MC 11300 della AERMEC. MC 11300<sup>163</sup> è un software di simulazione per la stima dei consumi energetici per singoli edifici, perfettamente compatibile (in termini di definizioni, dati di input, e risultati) alle norme UNI/TS 11300. Questo, in Italia, è anche utilizzato per la certificazione energetica degli edifici.

Come già accennato nel Cap.9, stime più precise del comportamento termico degli edifici “archetipo” potrebbero essere effettuate utilizzando più accurati modelli di simulazione termica, la scelta del strumento di simulazione, comunque, non inficia la metodologia proposta. Sulla base dei dati disponibili, per i quartieri

<sup>163</sup><http://www.masterclima.info/category/MC-11300.aspx>



analizzati, per il presente caso studio, i carichi termici sono stimati utilizzando MC 11300, mentre quelli elettrici sono stati valutati utilizzando i valori di consumo, per gli edifici siciliani riportati in Filogamo et al. (2014).

### **12.4.3 Simulazione del settore mobilità**

La mobilità elettrica è stata simulata considerando un approccio Monte Carlo (Di Silvestre et al., 2013). Il simulatore ha come input il numero di veicoli del parco veicolare considerato, la tipologia di veicolo elettrico (veicoli elettrici a batteria, veicoli elettrici ibridi, etc.) e il numero di veicoli in ogni distretto.

I due distretti, analizzati, ospitano 22 e 125 famiglie, rispettivamente, nel distretto a bassa densità, BD, e ad alta densità, AD.

Il software, realizzato dagli autori, permette di valutare il profilo di carico per gruppi di veicoli elettrici (VE) che mostrano caratteristiche diverse. L'approccio inoltre permette di valutare varie combinazioni relative alle caratteristiche sociali ed economiche del contesto. Viene dedotto il consumo giornaliero dei VE, il software calcola lo stato di carica iniziale di ciascun veicolo elettrico e il fabbisogno giornaliero di ricarica.

Il software di simulazione permette di considerare diversi tipi di veicoli elettrici o ibridi.

Al fine di modellare la natura stocastica del fenomeno, è chiesto di esprimere numericamente i seguenti problemi:

- La ricarica dei veicoli inizia in un momento che è connesso all'uso finale del veicolo o alla strategia attuata dal sistema di controllo;
- Lo stato iniziale di carica della batteria, SOC, che dipende dalla distanza percorsa dal veicolo e quindi anche dall'uso del veicolo, che può essere schematizzato anche in funzione dell'utilizzatore (studente/professionista/casalinga).

Una volta definito l'uso finale del veicolo, è possibile rappresentare l'ora in cui la ricarica inizia come una variabile casuale, con una funzione di densità di probabilità  $f(t)$  che è determinata sulla base della strategia adottata.

Analogamente, la SOC iniziale della batteria che serve il veicolo elettrico (capacità residua dall'ultima ricarica,  $E$ ), è una variabile casuale che assume valori da 0 alla capacità massima della batteria la cui probabilità di distribuzione  $h(E)$  dipende dalla distanza percorsa dall'ultima ricarica.

Sulla base del modello proposto in (Linden e Reddy, 2001), la distribuzione di probabilità relativa alla distanza percorsa è di tipo log-normale, con una probabilità di percorrenza di distanze negative che è nulla e con un "coda" che raggiunge infiniti valori di distanze percorse.

$$g(d; \mu, \sigma) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln(d-\mu))^2}{2\sigma^2}} \quad d > 0 \quad (1)$$

dove  $d$  è la distanza percorsa dal veicolo,  $\mu$  è la deviazione media e  $\sigma$  la deviazione standard della funzione probabilità.

L'input di base della distribuzione di probabilità è la distanza media di ogni viaggio. Tale distanza media chiamata anche VMT (Vehicle Miles Travelled) (Outwater et al., 2014) può essere dedotta in base a molti fattori, come quelli che descrivono la composizione della famiglia, compreso il numero di membri in età di patente e il reddito familiare, la proprietà del veicolo e le caratteristiche del sistema di trasporto del contesto in cui risiede la famiglia.

Gli studi esistenti (Outwater et al., 2014) sottolineano come gli insediamenti compatti ad uso misto (distretti AD), nonostante i problemi di congestione dovuti alla presenza di attività non residenziali, siano maggiormente in grado di gestire efficacemente il loro traffico. La griglia stradale in tali insediamenti, offre più regolarità, che permette un migliore coordinamento, la maggiore efficienza è anche causata da un maggior numero di percorsi possibili. Un ostacolo lungo un percorso non porta alla paralisi del traffico, ma semplicemente ad un nuovo sistema di percorsi per aggirare l'ostacolo.

Alla luce di questi dati circa la distanza percorsa, la SOC iniziale può essere dedotto mediante la seguente espressione:

$$E_i = \left(1 - \frac{\alpha d}{d_R}\right) * 100\% \quad (2)$$

dove  $E_i$  è la SOC iniziale della batteria che serve il veicolo,  $d$  è la distanza giornaliera percorsa (variabile casuale con una distribuzione descritta in (1)),  $a$  è il numero di giorni in cui il veicolo elettrico ha viaggiato e  $d_R$  è la massima autonomia del veicolo elettrico in termini di distanza.  $d_R$  è assunto pari a 128 km per tutti i veicoli elettrici.

Per le equazioni (1) e (2), la funzione di densità di probabilità che restituisce il SOC iniziale può essere dedotta così:.

$$h(E; \mu, \sigma) = \frac{1}{\frac{d_R}{\alpha} (1-E)\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{\left[\ln(1-E) - \left(\mu - \ln\left(\frac{d_R}{\alpha}\right)\right)\right]^2}{2\sigma^2}}, \quad 0 < E < 1 \quad (3)$$

Questa espressione dà la probabilità che SOC sia pari a E. I valori medi e la deviazione standard sono riferiti ai valori sopra riportati con riferimento all'espressione (1).

Circa l'orario di inizio della ricarica, possono essere fatte molte ipotesi. Se non vi è alcun controllo su questa variabile, il momento di inizio della ricarica deve essere compatibile con l'uso finale del veicolo. Inoltre, tale tempo di inizio è anche collegato alla strategia adottata e, in relazione a questo, alla funzione che descrive la probabilità di tempo di inizio per la ricarica,  $f(t)$ .

Una volta definito il profilo giornaliero di potenza richiesta, si deduce l'energia annua.

Insieme alle questioni sociali anche le politiche locali hanno un effetto su VMT (distanza media percorsa).

In particolare, le politiche per la riduzione della VMT possono essere classificate in quattro categorie principali che applicano "politiche di gestione della domanda di viaggio", tra cui:

- Programmi di ride sharing<sup>164</sup>;
- Telelavoro o programmi di lavoro alternative;
- Programmi di incentivo all'abbonamento ai servizi pubblici.
- Programmi di car/van pooling<sup>165</sup>.

In accordo con (Outwater et al., 2014) e secondo alcuni assunti di base riferiti al tipo di contesto dei quartieri analizzati, sono state condotte alcune valutazioni numeriche per la riduzione del VMT rispetto alle diverse politiche.

Tali valutazioni sono state effettuate utilizzando nuovamente un approccio Monte Carlo.

Sulla base di studi precedenti, che hanno determinato che il livello di partecipazione al Ride sharing è minore nelle aree rurali e suburbane rispetto alle aree urbane, si sono desunte le seguenti percentuali di riduzione del VMT:

Tabella 35. Efficacia dei Programmi di Ride sharing sulla base dell'ubicazione dell'insediamento, nella riduzione della distanza media percorsa dai veicoli.

<i>Ride sharing</i>	<b>Aree Rurali</b>	<b>Aree Suburbane</b>	<b>Insedimento prossimo al centro urbano</b>	<b>Centro urbano</b>
<b>Riduzione della VMT</b>	0%	5%	10%	15%

<sup>164</sup>Attività di trasporto, a richiesta, di terzi da parte di un privato con un'automobile privata, senza scopo di lucro.

<sup>165</sup>Uso condiviso di veicoli privati (minivan o macchina solitamente aziendale) tra due o più persone che devono percorrere lo stesso itinerario, attività che può essere o non essere a scopo di lucro.

Per ciò che riguarda i Programmi di incentivo all'abbonamento ai servizi pubblici, l'input della valutazione è la percentuale di lavoratori che partecipano al Programma. Questa viene assunta pari alla percentuale di forza lavoro dei distretti interessati dall'analisi, che è stata calcolata assumendo una percentuale del (65%) pari degli individui delle famiglie dei distretti analizzati. Nell'applicazione di questa politica, i lavoratori sono incentivati a lasciare l'auto a casa grazie ad un sussidio giornaliero. Considerando il basso costo della vita della zona in esame (Comune Siciliano di Mussomeli, Provincia di Caltanissetta), è stato considerato un valore medio di sussidio giornaliero di 1,33 €. A queste considerazioni si affiancano considerazioni relative alla minore possibilità di raggiungere il posto di lavoro direttamente dalle aree rurali o suburbane (Tab. 36).

Tabella 36. Efficacia dei Programmi di incentivo all'abbonamento ai servizi pubblici sulla riduzione della distanza media percorsa dai veicoli

<i>Abbonamento ai servizi pubblici</i>	<b>Aree Rurali</b>	<b>Aree Suburbane</b>	<b>Insiediamento prossimo al centro urbano</b>	<b>Centro urbano</b>
<b>Riduzione della VMT</b>	0%	3.3%	7.3%	12.9%

Il modello di telelavoro o lavoro alternativo (orari di lavoro concentrati solo ad alcuni giorni settimanali) valuta prima il livello possibilità di partecipazione della regione a tale tipo di Programmi e configura modelli probabili.

Nel caso della Regione Sicilia, in cui tali modelli non sono ancora molto utilizzati, possono ipotizzarsi tre modelli alternativi:

- 4/40- 4 giorni a settimana e 40 ore settimanali;
- 9/80- 4 giorni lavorativi ogni due settimane (media di 80 ore in 2 settimane);
- Telelavoro- 1-2 giorni a settimana di lavoro da remoto.

Una volta che l'opzione e il livello di partecipazione (in questo caso 5%) sono stati identificati, si può determinare la stima della riduzione della VMT (Tab. 37).

Tabella 37. Riduzione della distanza media percorsa dai veicoli grazie all'attuazione di modelli di lavoro alternativi

<i>Modelli di lavoro alternativi</i>	<b>4/40</b>	<b>9/80</b>	<b>Telelavoro</b>
<b>Riduzione della VMT</b>	0.70%	0.35%	1.10%

La percentuale di dipendenti che partecipano a questo programma è un input del Programma. Nel caso di veicoli aziendali, per cui la partecipazione può essere maggiormente pianificabile, il datore di lavoro ha un ruolo significativo

nell'attuazione del Programma. I dipendenti che partecipano al programma sono classificati in tre livelli di coinvolgimento da basso a medio-alto. Il livello di coinvolgimento riflette la misura in cui un datore di lavoro vuole attivamente facilitare e promuovere il vanpooling tra i lavoratori. Ad esempio, un basso livello di coinvolgimento potrebbe rappresentare un datore di lavoro che organizza solo un numero minimo di vanpools.

Tabella 38. Riduzione della distanza media percorsa dai veicoli grazie al car o van pooling

<i>Car sharing per il lavoro</i>	<b>Basso</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
<b>Riduzione della VMT</b>	0.30%	6.85%	13.4%

#### **12.4.4 Simulazione e ottimizzazione per i distretti**

I carichi termici ed elettrici, così come il consumo di energia elettrica per VE e il tipo di impianti FER installati nel quartiere, sono le caratteristiche di input per il software HOMER che, nel lavoro proposto, è stato utilizzato come software di ottimizzazione per il sistema elettrico del quartiere.

HOMER offre come output la configurazione ottimale (costo minimo o minime emissioni) per il sistema analizzato che è un sistema di generazione distribuita (fotovoltaico, eolico, sistemi di stoccaggio e sistemi di cogenerazione) per la fornitura dell'energia al distretto.

Il mix energetico distrettuale proposto nel caso studio, ha considerato i seguenti scenari per la generazione di energia elettrica dei distretti:

- Fotovoltaico;
- Cogenerazione;
- Fotovoltaico e cogenerazione.

Ogni scenario è stato valutato in presenza o assenza di mobilità elettrica con diverse percentuali di attecchimento per la mobilità dei distretti.

### **12.5 Applicazione**

L'applicazione riguarda due distretti della città di Mussumeli<sup>166</sup> (Caltanissetta, Sicilia; Zona Climatica D, Gradi Giorno 1763) (Fig. 75). Le informazioni di input per l'analisi e le simulazioni riguardano le caratteristiche urbanistico-energetiche dei due contesti.

---

<sup>166</sup>Latitudine 37°34.5', longitudine 13°45.2' e altitudine di 726 metri s.l.m.

### 12.5.1 L'analisi urbanistico-energetica dei distretti

Il primo distretto, BD, è un quartiere residenziale situato nella periferia Sud di Mussomeli. Costituito principalmente da villette a schiera o isolate di nuova costruzione (inizio anni 2000). L'agglomerato è costituito da 22 edifici, in cui abitano 22 nuclei familiari. Il secondo distretto, AD, è anch'esso un quartiere residenziale, costituito da condomini di dimensioni medie (55 edifici) costruiti intorno agli anni '80 e che ospitano più famiglie (totale famiglie del distretto 141).

La Tab. 39 riporta i principali parametri urbanistici-energetici dei distretti analizzati.

Tabella 39. Parametri urbanistico-energetici di base per la classificazione dei distretti analizzati

Parametro	Distretto BD	Distretto AD
$N_{ab}$ (n.) <sup>(*)</sup>	88	564
$N_e$ (n.)	22	55
$A_d$ (m <sup>2</sup> )	13690	13513
$A_c$ (m <sup>2</sup> )	2081	9713
$A_v$ (m <sup>2</sup> )	5220	0
$A_s$ (m <sup>2</sup> )	6389	3800
$A_t$ (m <sup>2</sup> )	1936	4290
$A_{tu}$ (m <sup>2</sup> )	522; 73%	1201; 72%
$S_{ext}$ (m <sup>2</sup> )	6237	13980.62
H (m)	10.4	11.6
$V_d$ (m <sup>3</sup> )	10032	27974
$R_{df}$ (m <sup>-1</sup> )	0.62	0.50
$I_{dt}$ (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,73	2,07
$D_{me}$ (m)	18	7

(\*) sulla base di indagini sul campo, si sono supposte quattro persone per famiglia

Secondo quanto menzionato nel paragrafo concernente la metodologia, si procede con l'individuazione degli edifici tipo per i due distretti.

Rispettivamente si sono individuati per il distretto BD due edifici (Fig. 76 in rosso) mentre per il quartiere AD sette edifici (Fig. 76 in verde).

Per il distretto BD i due edifici tipo si differiscono essenzialmente per la loro posizione all'interno del blocco edifici (edificio A1 di testa, numero totale nel distretto 11, e A2 centrale alla stecca, numero totale di edifici nel distretto 11), tale differenza ha un peso, per esempio, nella definizione delle pareti disperdenti e quindi sui consumi dell'edificio.

Per il distretto AD si sono individuati 7 "edifici tipo" che appartengono a 4 tipologie architettoniche diverse (B, C, D, E) anche questi poi caratterizzati in base alla loro localizzazione all'interno della stecca di edifici.

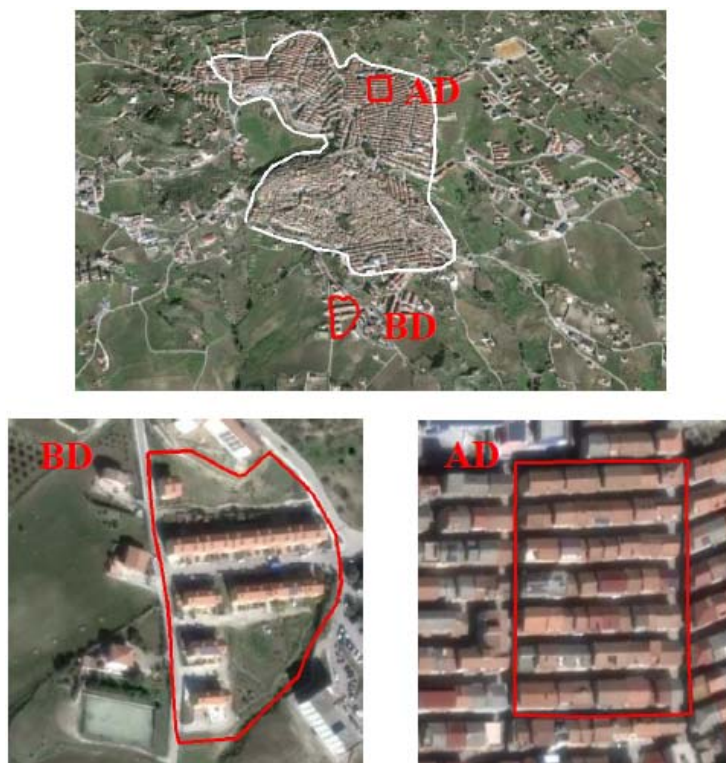


Figura 75. Vista del comune Musumeli (in bianco) e dei distretti analizzati (in rosso) (Google Maps)

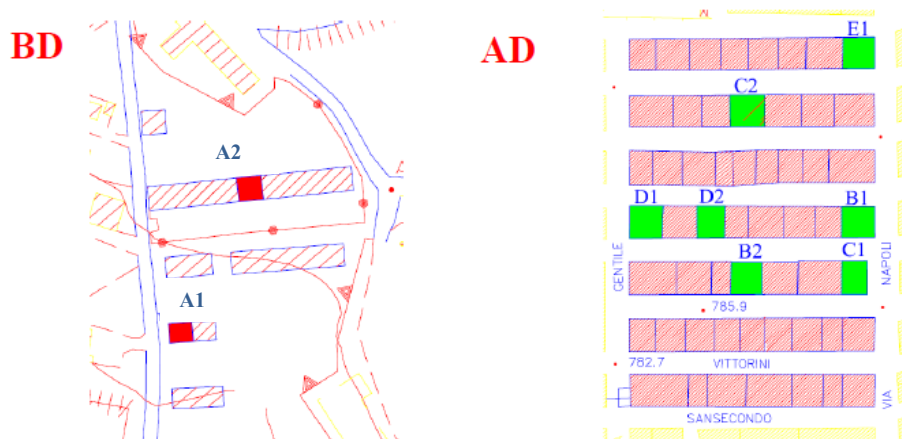


Figura 76. Tipologie architettonico-energetiche identificate per i due distretti

In totale, per i due distretti, si hanno le seguenti tipologie (Tab. 40).

Tabella 40. Tipologie architettonico- energetiche identificate e numero totale di edifici per tipologia nei distretti analizzati


Distretto BD		Distretto AD		
Tipologia = A1	Tipologia = B1	Tipologia = C1	Tipologia = D1	Tipologia = E1
Totale per tipologia = 11	Totale per tipologia = 1	Totale per tipologia = 6	Totale per tipologia = 5	Totale per tipologia = 2
Tipologia= A2	Tipologia = B2	Tipologia = C2	Tipologia = D2	
Totale per tipologia = 11	Totale per tipologia = 2	Totale per tipologia = 14	Totale per tipologia = 25	-

La Tab. 41 descrive le principali caratteristiche delle tipologie architettonico-energetiche individuate e i consumi termici ed elettrici stimati per ciascuna tipologia.

Sulla base di quest’ultimi e al numero di edifici dei due distretti (Tab. 40), si è proceduto con l’individuare i consumi termici ed elettrici complessivi per i due distretti (Fig. 77).


È’ necessario sottolineare come, nel presente caso di studio, il consumo elettrico relativo all’uso dei condizionatori per il raffrescamento estivo è assunto nullo. Infatti, un sondaggio condotto tra i residenti del comune analizzato mostra che questi dispositivi sono raramente impiegati. La ragione è che l’altitudine del comune di Mussomeli e le temperature medie estive (in estate la temperatura esterna media è di circa 23 °C) garantisce, durante il periodo estivo, condizioni esterne ottimali (temperatura e umidità), l’uso di tali sistemi, quindi, non è stato considerato. Al contrario, durante l’inverno, è richiesto un elevato valore di energia termica per coprire la domanda di riscaldamento.

Tabella 41. Caratteristiche e consumi stimati per le tipologie individuate

Tipologie A1 e A2	Distretto BD
<p>L’abitazione è una casa monofamiliare, composta da un garage (seminterrato) non riscaldato, primo e secondo piano riscaldati, e sottotetto non riscaldato. Il tetto dell’abitazione presenta due falde di circa 44 m<sup>2</sup> ciascuna, dirette rispettivamente a Sud e a Nord. In entrambe le falde sono presenti due lucernari.</p> <p><b>Principali caratteristiche riferite alla tab.34:</b> Superficie netta totale calpestabile (124 m<sup>2</sup>); piani (n.2); appartamenti (n.1); Superficie esterna, S (A1 = 302 m<sup>2</sup>; A2 =2 65 m<sup>2</sup>); volume lordo riscaldato,</p>	 <p><b>Consumo di energia annuo per riscaldamento:</b> A1 → EP<sub>H, nren</sub> = 153.84 kWh/m<sup>2</sup>a</p>



<p>V (A1 e A2 = 456 m<sup>3</sup>); S/V (A1 = 0.66 m<sup>-1</sup>; A2=0.58 m<sup>-1</sup>); periodo costruttivo (A1 e A2 = 2000-2005); trasmittanza media muri esterni A1 e A2 (1.20W/m<sup>2</sup>K, tufo, spessore = 30 cm); trasmittanza basamento per A1 e A2 (1.25 W/m<sup>2</sup>K); trasmittanza media finestre A1 e A2 (2.95 W/m<sup>2</sup>K, metallo a taglio termico; trasmittanza tetto A1 e A2 (1.50 W/m<sup>2</sup>K).</p>	<p><math>\eta_H=0.73</math>  <math>EP_{H,tot}=13925.60</math> kWh/a</p> <p>A2 → <math>EP_{H,nren} = 135.20</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_H=0.73</math>  <math>EP_{H,tot}=12238.30</math> kWh/a</p> <p><b>Consumo di energia annuo per ACS:</b>  A1 → <math>EP_{W,nren} = 25.58</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_W=0.57</math>  <math>EP_{W,tot}=1808</math> kWh/a</p> <p>A2 → <math>EP_{W,nren} = 25.58</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_W=0.57</math>  <math>EP_{W,tot}=1808</math> kWh/a</p> <p><b>Consumo di energia annuo apparecchi elettrici e illuminazione (Filogamo et al., 2014):</b>  <math>EP_E= 4571.15</math> kWh/a</p>
--	---

Tipologie B1 and B2	Distretto AD
<p>L'abitazione è composta da un garage (seminterrato) non riscaldato, primo piano riscaldato, e sottotetto non riscaldato. Il tetto dell'abitazione presenta due falde di circa 35 m<sup>2</sup> ciascuna, dirette rispettivamente a Sud e a Nord.</p> <p><b>Principali caratteristiche riferite alla tab.34:</b>  Superficie netta totale calpestabile (60 m<sup>2</sup>); piani (n.1); appartamenti (n.1); Superficie esterna, S (B1 = 199.8 m<sup>2</sup>; B2 = 173.2 m<sup>2</sup>); volume lordo riscaldato, V (B1 e B2 = 210 m<sup>3</sup>); S/V (B1 = 0.95 m<sup>-1</sup>; B2=0.82 m<sup>-1</sup>); periodo costruttivo (B1 e B2 = 1976-1985); trasmittanza media muri esterni B1 e B2 (1.57 W/m<sup>2</sup>K, tufo, spessore = 30 cm); trasmittanza basamento per B1 e B2 (1.25 W/m<sup>2</sup>K); trasmittanza media finestre B1 e B2 (2.95 W/m<sup>2</sup>K, metallo a taglio termico; trasmittanza tetto B1 e B2 (1.50 W/m<sup>2</sup>K).</p>	 <p><b>Consumo di energia annuo per riscaldamento:</b>  B1 → <math>EP_{H,nren} = 219.24</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_H=0.73</math>  <math>EP_{H,tot}=9602.71</math> kWh/a</p> <p>B2 → <math>EP_{H,nren} = 190.47</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_H=0.73</math>  <math>EP_{H,tot}=8342.59</math> kWh/a</p> <p><b>Consumo di energia annuo per ACS:</b>  B1 → <math>EP_{W,nren} = 31.51</math> kWh/m<sup>2</sup>a  <math>\eta_W=0.57</math>  <math>EP_{W,tot}=1077</math> kWh/a</p> <p>B2 → <math>EP_{W,nren} = 31.51</math> kWh/m<sup>2</sup>a</p>

$$\eta_w=0.57$$

$$EP_{W,tot}=1077 \text{ kWh/a}$$

**Consumo di energia annuo apparecchi elettrici e illuminazione (Filogamo et al., 2014):**  
 $EP_E= 4651.47\text{kWh/a}$

**Tipologie C1 e C2**

L'abitazione è composta da un garage (seminterrato) non riscaldato, primo e secondo piano riscaldati, e sottotetto non riscaldato. Il tetto dell'abitazione presenta due falde di circa 38 m<sup>2</sup> ciascuna, dirette rispettivamente a Sud e a Nord.

**Principali caratteristiche riferite alla tab.34:**  
 Superficie netta totale calpestabile (110 m<sup>2</sup>); piani (n.2); appartamenti (n.2); Superficie esterna, S (C1 = 262.32 m<sup>2</sup>; C2 = 211.92 m<sup>2</sup>); volume lordo riscaldato, V (C1 e C2 = 404 m<sup>3</sup>); S/V (C1 = 0.65 m<sup>-1</sup>; C2 = 0.52 m<sup>-1</sup>); periodo costruttivo (B1 e B2 = 1976-1985); trasmittanza media muri esterni C1 e C2 (1.57 W/m<sup>2</sup>K, tufo, spessore = 30 cm); trasmittanza basamento per C1 e C2 (1.25 W/m<sup>2</sup>K); trasmittanza media finestre C1 e C2 (2.95 W/m<sup>2</sup>K, metallo a taglio termico); trasmittanza tetto C1 e C2 (1.50 W/m<sup>2</sup>K).

**Distretto AD**



**Consumo di energia annuo per riscaldamento:**

$$C1 \rightarrow EP_{H,nren} = 177.47 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\eta_H=0.73$$

$$EP_{H,tot}=14250.84 \text{ kWh/a}$$

$$C2 \rightarrow EP_{H,nren} = 143.04 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\eta_H=0.73$$

$$EP_{H,tot}=11486.11 \text{ kWh/a}$$

**Consumo di energia annuo per ACS:**

$$C1 \rightarrow EP_{W,nren} = 26.29 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\eta_w=0.57$$

$$EP_{W,tot}=1648 \text{ kWh/a}$$


$$C2 \rightarrow EP_{W,nren} = 26.29 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$\eta_w=0.57$$

$$EP_{W,tot}=1648 \text{ kWh/a}$$

**Consumo di energia annuo apparecchi elettrici e illuminazione (Filogamo et al., 2014):**  
 $EP_E= 9302.93 \text{ kWh/a}$

Tipologie D1 e D2	Distretto AD
<p>L'abitazione è composta da un garage (seminterrato) non riscaldato, primo, secondo e terzo piano riscaldati, e sottotetto non riscaldato. Pertanto nella trattazione faremo riferimento soltanto ai 3 piani riscaldati. Il tetto dell'abitazione presenta due falde di circa 45 m<sup>2</sup> ciascuna, dirette rispettivamente a Sud e a Nord.</p> <p><b>Principali caratteristiche riferite alla tab.34:</b>                      Superficie netta totale calpestabile (156 m<sup>2</sup>); piani (n.3); appartamenti (n.3); Superficie esterna, S (D1 = 327.94 m<sup>2</sup>; D2 = 255.20 m<sup>2</sup>); volume lordo riscaldato, V (D1 e D2 = 582 m<sup>3</sup>); S/V (D1 = 0.56 m<sup>-1</sup>; D2 = 0.44 m<sup>-1</sup>); periodo costruttivo (D1 e D2 = 1976-1985); trasmittanza media muri esterni D1 e D2 (1.57 W/m<sup>2</sup>K, tufo, spessore = 30 cm); trasmittanza basamento per D1 e D2 (1.25 W/m<sup>2</sup>K); trasmittanza media finestre D1 e D2 (2.95 W/m<sup>2</sup>K, metallo a taglio termico; trasmittanza tetto D1 e D2 (1.50 W/m<sup>2</sup>K).</p>	<div data-bbox="848 224 1072 630" data-label="Image"> </div> <p><b>Consumo di energia annuo per riscaldamento:</b></p> <p>D1 → <math>EP_{H,ren} = 161.56 \text{ kWh/m}^2\text{a}</math>  <math>\eta_H = 0.73</math>  <math>EP_{H,tot} = 18398.45 \text{ kWh/a}</math></p> <p>D2 → <math>EP_{H,ren} = 130.30 \text{ kWh/m}^2\text{a}</math>  <math>\eta_H = 0.73</math>  <math>EP_{H,tot} = 14838.56 \text{ kWh/a}</math></p> <p><b>Consumo di energia annuo per ACS:</b></p> <p>D1 → <math>EP_{W,ren} = 24.45 \text{ kWh/m}^2\text{a}</math>  <math>\eta_W = 0.57</math>  <math>EP_{W,tot} = 2174.09 \text{ kWh/a}</math></p> <p>D2 → <math>EP_{W,ren} = 24.45 \text{ kWh/m}^2\text{a}</math>  <math>\eta_W = 0.57</math>  <math>EP_{W,tot} = 2174.09 \text{ kWh/a}</math></p> <p><b>Consumo di energia annuo apparecchi elettrici e illuminazione (Filogamo et al., 2014)</b></p> <p><math>EP_E = 13954.40 \text{ kWh/a}</math></p>

Tipologia E1	Distretto AD
<p>L'abitazione è composta da un garage (seminterrato) non riscaldato, primo, secondo, terzo e quarto piano riscaldati, e sottotetto non riscaldato. Pertanto nella trattazione faremo riferimento soltanto ai 4 piani riscaldati. Il tetto dell'abitazione presenta due falde di circa 45 m<sup>2</sup> ciascuna, dirette rispettivamente a Sud e a Nord.</p> <p><b>Principali caratteristiche riferite alla tab.34:</b>                      Superficie netta totale calpestabile (240 m<sup>2</sup>); piani (n.4); appartamenti (n.4); Superficie esterna, S (E1 = 436.96 m<sup>2</sup>); volume lordo riscaldato, V (E1 = 902 m<sup>3</sup>); S/V (E1 = 0.48 m<sup>-1</sup>); periodo costruttivo (E1 = 1976-1985); trasmittanza media muri esterni E1(1.57 W/m<sup>2</sup>K, tufo, spessore = 30 cm); trasmittanza basamento per E1 (1.25 W/m<sup>2</sup>K); trasmittanza media finestre E1 (2.95 W/m<sup>2</sup>K, metallo a taglio termico); trasmittanza tetto E1 (1.50 W/m<sup>2</sup>K).</p>	
	<p><b>Consumo di energia annuo per riscaldamento:</b></p>
	<p>E1 → EP<sub>H,nren</sub> = 154.72 kWh/m<sup>2</sup>a                      η<sub>H</sub>=0.73                      EP<sub>H,tot</sub>=27106.94 kWh/a</p>
	<p><b>Consumo di energia annuo per ACS:</b></p>
	<p>E1 → EP<sub>W,nren</sub> = 19.56 kWh/m<sup>2</sup>a                      η<sub>W</sub>=0.57                      EP<sub>W,tot</sub>=2675.81 kWh/a</p>
	<p><b>Consumo di energia annuo apparecchi elettrici e illuminazione (Filogamo et al., 2014):</b>                      EP<sub>E</sub>= 18605.86 kWh/a</p>

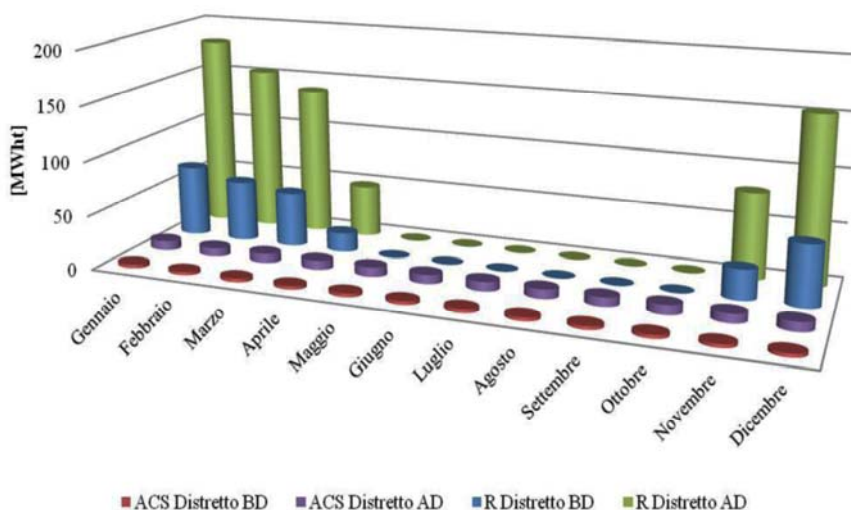


Figura 77. Fabbisogno di energia termica utile mensile per i distretti

I consumi elettrici dei distretti (Scenario 0), non essendo legati ad una fluttuazione stagionale, come invece è il caso dei consumi termici, son risultati costanti per tutti i mesi dell'anno e pari a 25.05 MWhe al mese per il distretto AD e 3.84 MWhe al mese per il distretto BD.

### 12.5.2 Simulazione ed ottimizzazione: gli Scenari

Gli Scenari ipotizzati sono i seguenti (Tab. 42).

Tabella 42. Descrizione degli Scenari ipotizzati

Scenario	Generazione di energia elettrica	Mobilità	ACS	Riscaldamento
0	Prelievo dalla rete nazionale	Veicoli con motori endotermici-	Caldaie a gas	Caldaie a gas
1	Prelievo dalla rete nazionale-	Veicoli con motori endotermici	Caldaie a gas	Pompe di calore elettriche
2	FV (30% scenario 2a; 50% scenario 2b; 100% scenario 2c)	Veicoli elettrici	Caldaie a gas	Pompe di calore elettriche
3	Cogeneratore (30% scenario 3a; 50% scenario 3b; 100% scenario 3c) e prelievo dalla rete nazionale	Veicoli elettrici	Cogeneratore e caldaie a gas (%)	Pompe di calore elettriche
4	Cogeneratore +FV (condizione ottimale) e prelievo dalla rete nazionale	Veicoli elettrici	Cogeneratore (condizione ottimale)	Pompe di calore elettriche

Allo stato attuale, Scenario 0 (scenario di riferimento con il quale effettuare il confronto), il fabbisogno di energia elettrica viene soddisfatto dall'energia assorbita dalla rete elettrica nazionale, in esso infatti non sono considerati impianti di generazione distribuita. Il fabbisogno termico per riscaldamento e ACS, è invece soddisfatto da caldaie a gas ad uso delle abitazioni. Per valutare il costo del ciclo di vita del sistema così composto è stato considerato un periodo di 20 anni<sup>167</sup>. Le

<sup>167</sup>Il software Homer per le valutazioni di costo considera: il costo totale netto del sistema (NCP), cioè la differenza tra il totale dei costi sostenuti durante il periodo considerato, pari a 20 anni in questo scenario, e le entrate, che sono nulle perché non sono presenti sistemi di generazione rinnovabili, quindi nessuna forma di incentivazione e nessuna vendita di eventuali eccedenze di energia alla rete; il costo operativo

caratteristiche della rete e le caratteristiche di carico sono i dati d'ingresso per il software di ottimizzazione utilizzato (HOMER). Il costo di acquisto dell'energia viene definito in base alle tariffe<sup>168</sup> nazionali. I prezzi dell'energia sono aggiornati dall'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema idrico (AEEG), ogni tre mesi<sup>169</sup> e quindi saranno suscettibili di modifiche durante il corso di dottorato.

Per effettuare una stima dei kg di CO<sub>2</sub> emessi in atmosfera a seguito della produzione di energia elettrica dal mix energetico nazionale si è assunto come valore di emissione, al netto degli importi di energia dall'estero le cui emissioni non riguardano il territorio italiano, il valore di 283.65 gCO<sub>2</sub>/kWh (ISPRA, 2015).

Per gli scenari che utilizzano pompe di calore (Scenario 1, 2 e 3), i carichi termici già calcolati (Fig. 77) sono convertiti in carichi elettrici con un COP di 3.90.

Lo Scenario 1 prevede il soddisfacimento del fabbisogno di energia elettrica prelevandola esclusivamente dalla rete, senza considerare altri sistemi di generazioni. Il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento è fornito a mezzo di pompe di calore, mentre il fabbisogno di ACS è soddisfatto tramite impianti a caldaia (rimane quindi invariato rispetto allo Scenario 0). Conseguenza diretta dell'utilizzo di pompe di calore per il riscaldamento è un incremento dei consumi elettrici nei mesi invernali (Fig. 78).

Lo Scenario 2 considera una copertura dei consumi elettrici da FER grazie all'installazione di pannelli fotovoltaici. Tale copertura è stata valutata ipotizzando diverse percentuali di copertura della superficie utile dei tetti ( $A_{in}$ ) dei distretti. Le Fig. 79 e Fig. 80 riportano una restituzione volumetrica dello Scenario 2c, per ciò che riguarda il FV.

Lo Scenario 3, considera una parte dei consumi elettrici coperti dalla produzione proveniente da sistemi di cogenerazione dimensionati allo scopo di coprire il carico termico mensile legato al fabbisogno per ACS che si configura costante durante i mesi dell'anno.

---

(OC) che è il costo annualizzato, e rappresenta la differenza tra il costo sostenuto per l'energia acquistata e i ricavi ottenuti dall'energia venduta. Pertanto in questo scenario l'indice OC rappresenta il costo sostenuto per l'acquisto di energia elettrica dalla rete; il capitale iniziale (IC) che rappresenta il costo totale da sostenere per l'installazione dei componenti che costituiscono il sistema. Non avendo considerato altre fonti di generazioni, oltre la rete, tale valore è zero. Da quanto scritto sopra si deduce che gli unici costi da sostenere nel corso dell'anno sono i costi di acquisto dell'energia elettrica dalla rete, e la differenza tra i due valori dipende esclusivamente dalla differenza di fabbisogno dei due distretti.

<sup>168</sup>L'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema idrico, che gestisce la fornitura di energia elettrica in Italia, ha recentemente introdotto questo tipo di prezzo dell'energia valido solo per i clienti residenziali che utilizzino solo pompe di calore elettriche. I prezzi di acquisto di energia elettrica di questa tariffa, tariffa D1, per kWh sono: Gen-Mar = 0,1736 €; Ap-Giu = 0,1713 €; Giu-Set = 0,1709 €; Otto-Dic = 0,1775 €, tale tariffa è costante, nel senso che non varia al variare dei kWh consumati, come invece è il caso delle tariffe domestiche D2 e D3. Nel presente lavoro, per semplicità, il costo dell'energia è stato assunto pari alla tariffa D1 per tutti i casi in cui vi sia acquisto/consumo dalla rete nazionale.

<sup>169</sup>[http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/R\\_212\\_15.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/R_212_15.pdf) (consultato il 27 Maggio 2016)

Lo Scenario 4 vede la combinazione delle soluzioni ottimali degli Scenari 2 e 3.

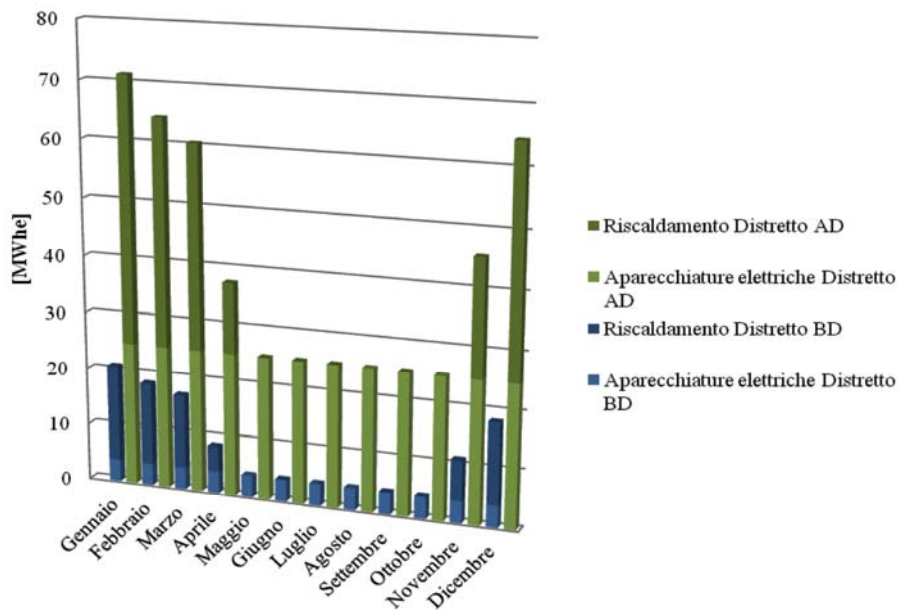


Figura 78. Domanda di energia elettrica mensile per i due distretti Scenario 1, 2, 3 e 4 (variazione dovuta all'inserimento di sistemi a pompa di calore)

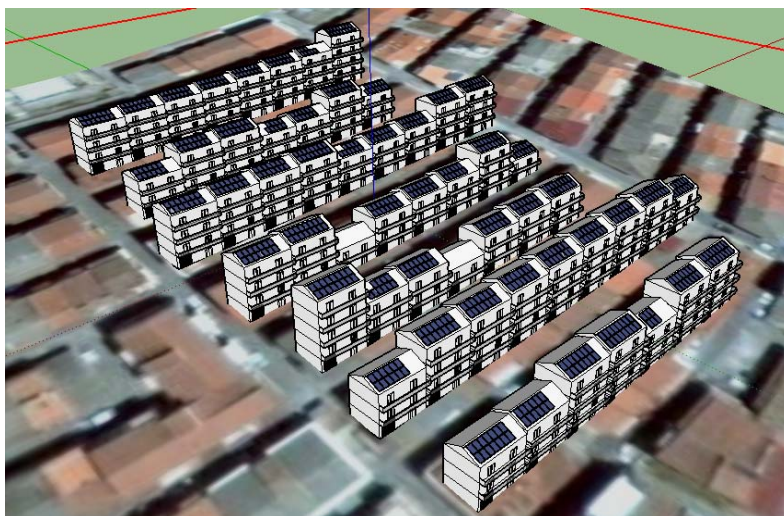


Figura 79. Distretto a AD con 100% di copertura della superficie utile dei tetti ( $A_{tu}$ ) con pannelli FV

I pannelli fotovoltaici sono installati orientati verso sud, l'inclinazione è compresa tra  $25^\circ$  e  $27^\circ$ <sup>170</sup>. La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale è  $1627 \text{ kWh/m}^2$ . Il fattore di declassamento per l'invecchiamento, la sporcizia e altri fattori è di 0,8.



Figura 80. Distretto a BD con 100% di copertura della superficie utile dei tetti ( $A_{ru}$ ) con pannelli FV.

Al fine di individuare la potenza nominale dell'impianto cumulativo da installare sui tetti delle abitazioni è stato scelto un modulo fotovoltaico con le seguenti caratteristiche (Tab. 43). Nell'installazione dei moduli si è considerata una distanza l'uno dall'altro di 2-3 cm per tenere conto delle giunzioni per il fissaggio presenti in una installazione reale.

Tabella 43. Caratteristiche pannelli FV

Caratteristiche generali	
<b>Dimensione</b>	1.559x1.046x46 mm
<b>Celle</b>	96 celle monocristalline Maxeon di II generazione
<b>Peso</b>	18.6 kg
Caratteristiche elettriche <sup>171</sup>	
<b>Potenza nominale</b>	327 W

---

<sup>170</sup>Per tenere conto dell'effettiva inclinazione e dell'effettivo orientamento dei moduli fotovoltaici il software HOMER presenta un'apposita sezione di inserimento di tali dati, questo ovviamente determinerà una variazione dei valori della radiazione solare media annua sul piano orizzontale.

<sup>171</sup>Condizioni di prova standard (irradianza  $1000 \text{ W/m}^2$ , AM 1,5,  $25^\circ \text{C}$ )



<b>Tensione a circuito aperto</b>	64.9 V
<b>Corrente di circuito</b>	6.46 A
<b>Tensione al punto di massima potenza</b>	54.7 V
<b>Corrente al punto di massima potenza</b>	5.98 A

Per ciò che riguarda la mobilità, è da notare come nel caso del comune di Mussomeli, gli spostamenti tramite mezzi di trasporto avvengo esclusivamente tramite auto private con motori endotermici. E' risultato necessario, pertanto stimare i km annuali medi percorsi dalle famiglie che abitano i due distretti BD e AD, e calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> che potrebbero essere evitate se si utilizzasse la mobilità elettrica. A tal scopo si sono quindi stimate le distanze che intercorrono tra i nuclei abitativi e i principali luoghi d'interesse, intendendo con ciò i principali luoghi in cui una famiglia tipo si reca con maggiore frequenza all'interno dell'area urbana e suburbana (stazione dei treni) del Comune analizzato (Tab.44).

Tabella 44. Principali distanze per i distretti analizzati

<b>Percorsi urbani e suburbani per i distretti analizzati</b>		
	<b>BD</b>	<b>AD</b>
Area urbana	Periferia	Centro Urbano
Tipo abitazioni	Villette a schiera	Condomini
Distanza dal centro città [km]	1,67	0,65
Distanza dalla Stazione Bus [km]	1,25	0,71
Distanza Casa-Lavoro [km]	1,47	0,58
Distanza Casa-Scuola [km]	0,68	0,49
Distanza Casa-Stazione treni [km]	10,1	10,4
Distanza Casa-Altre Attività figli [km] (palestra, piscina, centro danza etc)	1,10	0,81
Distanza Casa-Supermercato (più vicino) [km]	1,44	0,56

Per poter stimare le emissioni di CO<sub>2</sub> in un anno legate alla mobilità è stato necessario fare una stima della frequenza con cui sono percorse le distanze riportate precedentemente.

I risultati riportati in Tab 45 sono stati ottenuti considerando una famiglia tipo composta da padre, madre, figlio/a universitario e figlio/a frequentante le scuole primarie e ipotizzando le diverse abitudini riguardanti il lavoro, la scuola/università, attività varie e tempo libero. Inoltre si è tenuto conto:

- Dei giorni lavorativi annuali di un dipendente pubblico e delle relative ferie;
- Dei giorni obbligatori di scuola in un intero anno scolastico;
- Del numero di volte in cui il figlio universitario si reca alla stazione dei bus e dei treni in un intero anno accademico;
- Della frequenza delle attività pomeridiane svolte dal figlio più piccolo;
- Della frequenza con cui una famiglia tipo si reca al supermercato;
- Della distanza percorsa nel tempo libero;
- Della presenza, in media, di due auto per famiglia.

Tabella 45. Percorsi annui per auto per famiglia.

---

	<b>Percorsi urbani e suburbani per auto e per famiglia</b>	
	BD	AD
Casa-Lavoro [km/anno]	664,44	131,08
Casa-Scuola [km/anno]	272	196
Casa-Stazione Bus [km/anno]	100	56,8
Casa-Stazione treni [km/anno]	404	416
Casa-Altre Attività figli (palestra, piscina, danza ecc) [km/anno]	176	129,60
Distanza Casa-Supermercato (più vicino) [km/anno]	149,76	58,24
Distanza percorsa nel tempo libero (45% circa della tot. distanza percorsa) [km/anno]	1445	808,36

---

<b>TOTALE</b> [km/anno]	<b>3211,2</b>	<b>1796,08</b>
----------------------------	---------------	----------------

Dalla Tabella si può notare come i viaggi casa-lavoro rappresentano la parte più maggiore delle distanze percorse, secondi solamente al tempo libero. Nei viaggi casa-scuola, calcolati con la stessa metodologia, si percorrono meno km rispetto a casa-lavoro. Ciò perché le scuole sono situate anche in prossimità delle periferie per agevolare le famiglie, mentre i luoghi di lavoro restano centrali. La distanza percorsa nel tempo libero rappresenta una fetta consistente del totale. Le restanti distanze sono state inserite per dare un'immagine più completa del consumo energetico per il trasporto nei due distretti.

Se si considera un'auto di media cilindrata a gasolio, le cui emissioni in termini di CO<sub>2</sub> possono stimarsi pari a 119 g/km, è possibile definire la quantità di CO<sub>2</sub> immessa in aria in un anno nei due distretti, da una singola automobile paria a 382,13 Kg/anno per il distretto BD e 213,73 per il distretto AD.

Ipotizzando quindi 2 auto per famiglia, in Tab.46 si riportano le emissioni totali annuali nei due distretti considerati.

Tabella 46. Emissioni CO<sub>2</sub> annuali parco auto distretti analizzati

<b>Emissioni CO<sub>2</sub> annuali parco auto distretti</b>		
	<b>BD</b>	<b>AD</b>
N. famiglie	22	125
N. auto a famiglia	2	2
kg/anno di CO <sub>2</sub> emessi	764.26	53433.38

Si nota come singolarmente le emissioni di CO<sub>2</sub> siano maggiori per il distretto BD, perché maggiori sono i km da percorrere essendo il distretto situato in periferia. In Tab. 46 invece la situazione si capovolge, ciò è conseguenza del fatto che il distretto AD è altamente popolato a differenza del distretto BD il quale presenta una bassa densità di popolazione. Pertanto quello che sembrava essere il distretto a maggiori emissioni, per l'elevata distanza dal centro urbano, risulta essere il meno inquinante per ciò che riguarda la mobilità. Tuttavia, va sottolineato che i risultati ottenuti si riferiscono al caso specifico di due distretti del comune di Mussomeli, dove l'unico mezzo di trasporto utilizzato dagli abitanti è l'auto. I risultati sarebbero senz'altro diversi se lo stesso metodo di studio venisse applicato a distretti di altre città, dove i trasporti pubblici sono esistenti nel territorio e utilizzati dagli abitanti. In tal caso sicuramente le emissioni di CO<sub>2</sub> nel distretto situato nel centro urbano

sarebbero notevolmente minori, grazie all'utilizzo di mezzi pubblici come tram, metro e autobus.

Le figure seguenti mostrano le emissioni totali, compreso il settore mobilità, e il costo attuale netto<sup>172</sup>, NPC, per abitante dei due distretti, considerando che il quartiere a bassa densità è quello con il più piccolo valore di Indice di densità territoriale (*Idt*) e il quartiere ad alta densità quello con il valore più alto.

Come si può osservare dalla Fig. 81 e Fig. 82, lo Scenario 0 risulta peggiore rispetto allo Scenario 1 in termini di emissioni e di costi a persona, a causa della grande incidenza dell'uso del metano per il riscaldamento. Si nota come le emissioni e il costo dello Scenario 1 rispetto allo Scenario 2 sono quasi il doppio. Il distretto BD presenta un costo e delle emissioni a persona maggiori anche a causa delle maggiori distanze dal centro città da coprire per mezzo dell'uso di auto privata.

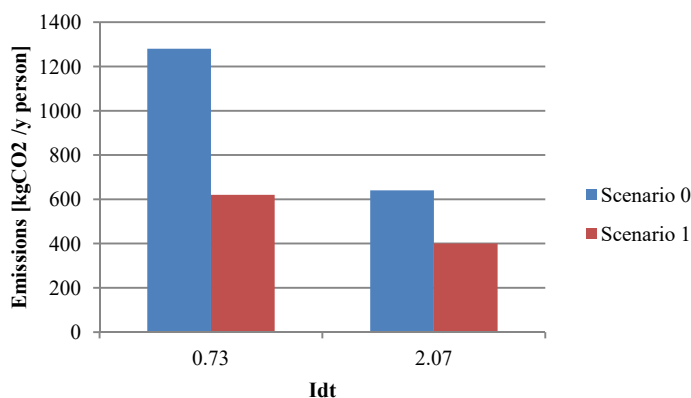


Figura 81. Confronto tra Scenari 0 e 1 in relazione alle emissioni di CO<sub>2</sub> a persona dei due distretti

Si deve inoltre rilevare che i distretti considerati appartengono ad un piccolo centro. Nelle grandi città, tale differenza può anche essere più elevata.

Lo Scenario 1 risulta quindi più vantaggioso, inoltre questo, ipotizzando l'uso di pompe di calore per il riscaldamento, potrebbe essere integrato da pannelli FV, o altre sorgenti ad alta efficienza, a copertura, anche parziale, del fabbisogno elettrico dovuto all'uso delle pompe di calore.

---

<sup>172</sup>Il costo attuale netto è il costo netto totale del sistema, vale a dire la differenza tra i costi complessivi (come i costi di installazione) sostenuti durante il periodo considerato (periodo di vita dell'impianto) e le entrate che dipendono dal tipo di generazione distribuita e dai relativi incentivi.

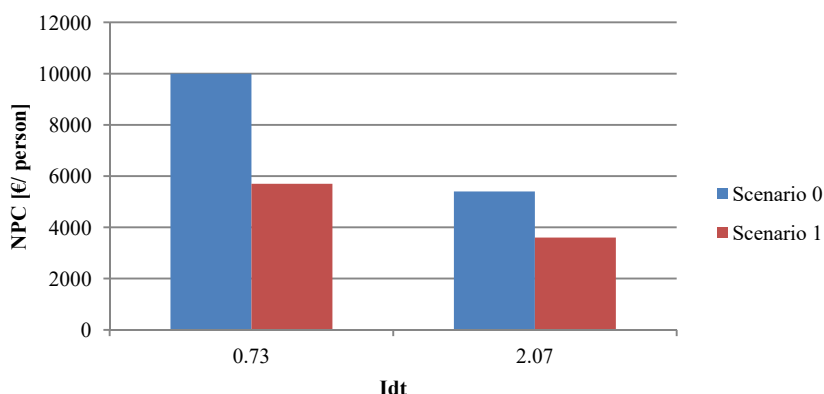


Figura 82. Confronto tra Scenari 0 e 1 per i due distretti in relazione al costo attuale netto per persona

Le Fig. 83 e Fig. 84 mostrano l'effetto della copertura del carico elettrico delle pompe di calore per mezzo di varie configurazioni che riguardano l'installazione di pannelli FV (percentuali di penetrazione 100%, 50% e 30% rispetto alle superfici delle coperture disponibili).

Come si può osservare, una copertura completa del carico elettrico con pannelli fotovoltaici sembra la soluzione più conveniente sia in termini di impatto ambientale, che di NPC. La differenza sembra essere leggermente più significativa nei distretti ad alta densità.

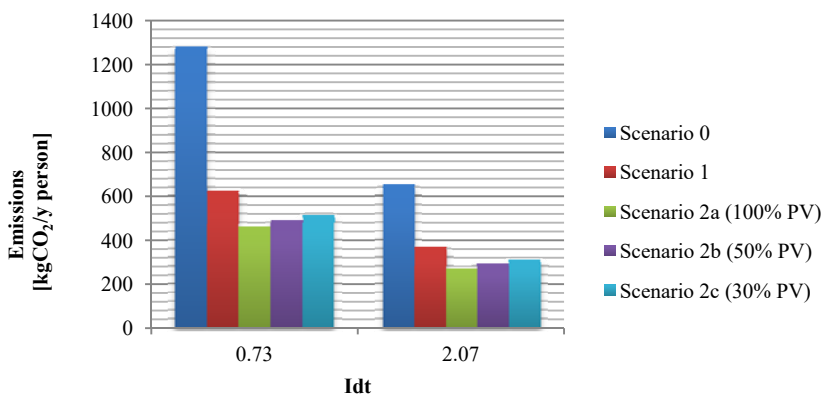


Figura 83. Emissioni annuali a persona in funzione del valore di Idt: Scenario 1 versus Scenario 2.

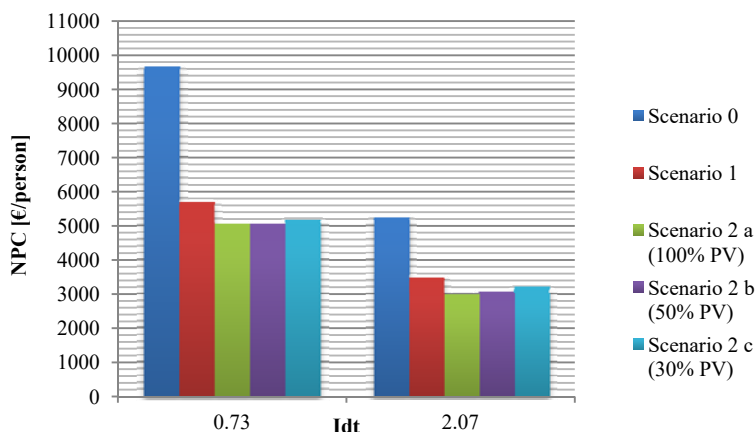


Figura 84. Costo attuale netto a persona in funzione del Idt: Scenario 1 versus Scenario 2

Lo Scenario 3 (Fig. 85 e Fig. 86) prevede l'installazione di sistemi di cogenerazione (CHP). Questi sono stati dimensionati per coprire il fabbisogno di ACS dei due distretti. Per una copertura del 100% del fabbisogno di ACS, nel distretto BD dovrebbero esser installati due cogeneratori e quattro nel distretto AD. Questi sarebbero ad uso del distretto, quindi nei costi totali dell'investimento sono stati considerati anche i costi relativi al sistema di distribuzione. La potenza nominale dei cogeneratori è stata assunta pari a 1.8 kW per il distretto BD; mentre per il distretto AD tre dei quattro cogeneratori hanno potenza nominale pari a 3.3 kW, mentre il quarto di 1.7 kW.

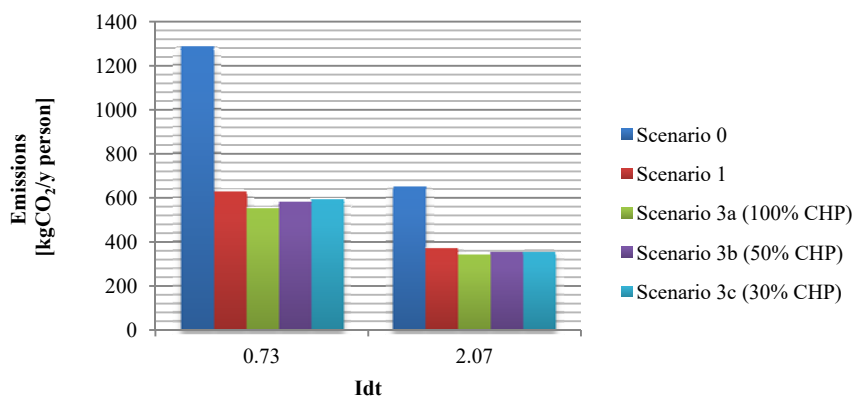


Figura 85. Emissioni annuali a persona per i due distretti in funzione dell'Idt: Scenario 1 versus Scenario 3

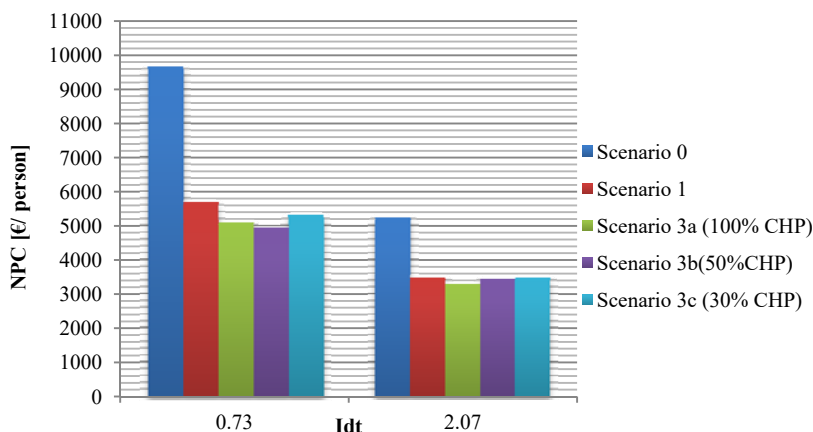


Figura 86. Costo attuale netto per persona in funzione del valore di Idt: Scenario 1 versus Scenario 3

L'unico scenario per i quali il quartiere BD e il quartiere AD sono paragonabili in termini di costi a persona è lo scenario in cui sono installati solo impianti di cogenerazione.

Come si può osservare, inoltre, le variazioni tra le tre opzioni Scenario 3 (a, b, c) sono piuttosto limitate sia in termini di emissioni che di NPC, probabilmente a causa delle limitate dimensioni degli impianti di cogenerazione rispetto ai consumi energetici complessivi dei distretti.

Sembra, quindi, che per i distretti AD, una copertura completa del fabbisogno di ACS sia più conveniente di una copertura parziale, la stessa cosa non si può dire invece per i distretti BD in cui la soluzione migliore è quella di coprire solo la metà del fabbisogno per ACS. Ciò probabilmente per gli alti costi dovuti all'impianto, in cui sono anche inseriti i costi della rete di distribuzione, che, dato anche la minor popolazione del distretto BD, non vengono ben ammortizzati.

Questo risultato suggerisce che quello della cogenerazione, nei casi in cui non vi sia un impianto di distribuzione esistente (come nel caso del District Heating, DH) sia più efficace per i distretti ad AD.

L'ultimo scenario considerato in questo lavoro è lo Scenario 4 (Fig. 87 e Fig. 88) nel quale i distretti presentano sia sistemi FV che cogenerativi. In questo caso, vengono considerate le configurazioni ottimali (minimo NPC) di entrambi i sistemi. Qui per il distretto BD, la potenza nominale complessiva del sistema di cogenerazione è 12 kW mentre per il sistema fotovoltaico è pari a 59 kW; nel distretto di AD la potenza nominale complessiva è di 39 kW per il CHP, e di 236.75 kW per il FV. In entrambi i casi, la copertura di carico elettrico raggiunto da FV e cogenerazione è di circa il 42%.

È interessante osservare che la soluzione mista, FV mista e cogenerazione, è la migliore in termini di costi ed emissioni, sebbene ancora paragonabile alla soluzione 100% fotovoltaico.

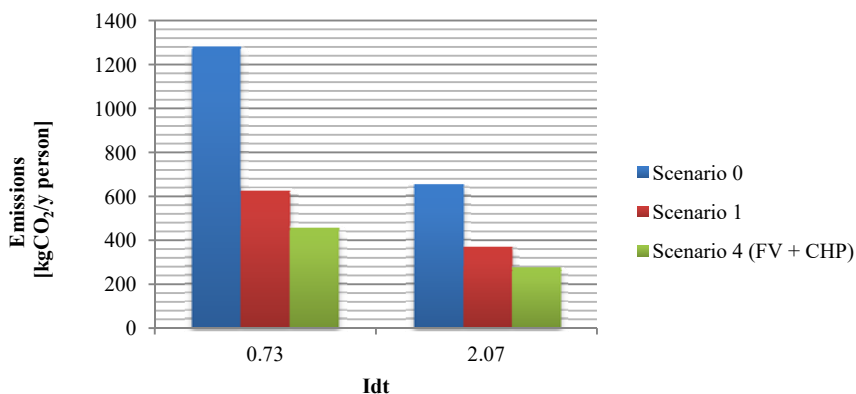


Figura 87. Emissioni annuali per persona in funzione del valore di Idt: Scenario 1 versus Scenario 4

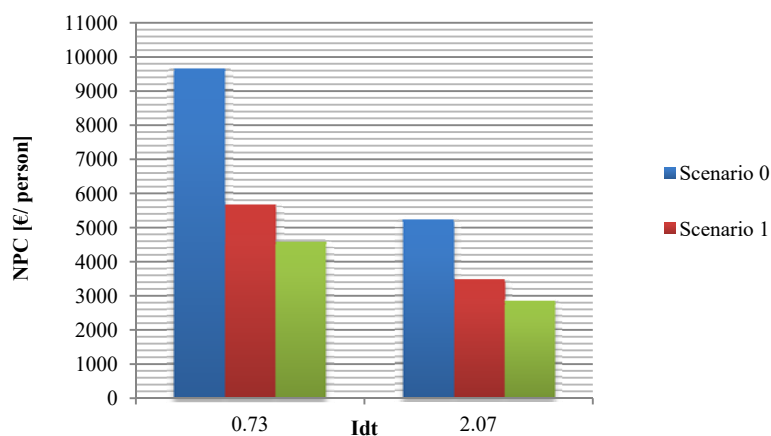


Figura 88. Costo attuale netto per persona in funzione del valore di Idt: Scenario 1 versus Scenario 4

Altre simulazioni hanno considerato la percentuale di copertura della domanda elettrica nello Scenario 2, in funzione della penetrazione del fotovoltaico. Come si può osservare nella Fig. 89 e, come ci si aspettava, la copertura è maggiore nei distretti BD e rappresenta al massimo il 35% della domanda elettrica. Allo stesso modo, la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovute all'installazione del FV, Fig. 90.



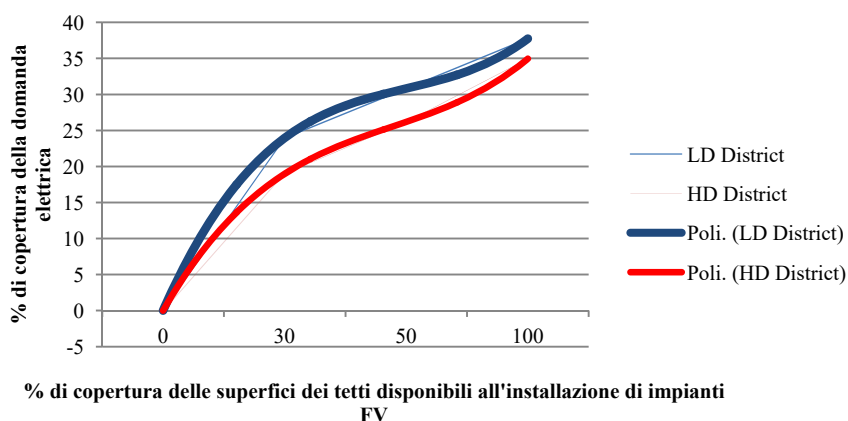


Figura 89. Copertura della domanda elettrica in funzione della penetrazione di FV

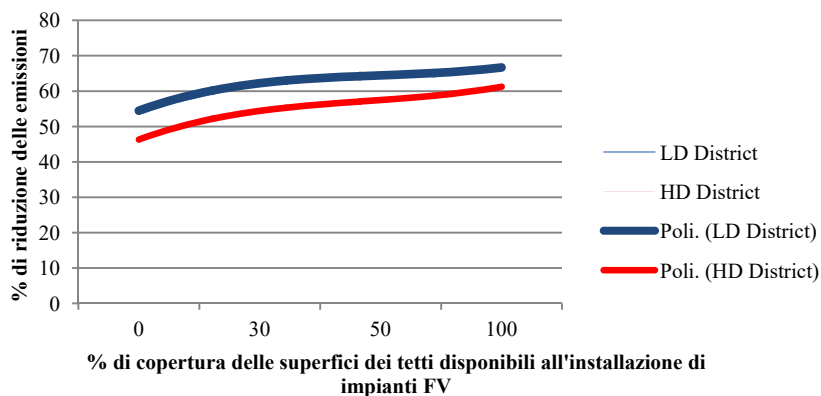


Figura 90. Riduzione delle emissioni in funzione della penetrazione di FV

### 12.5.3 La mobilità e gli effetti delle politiche di gestione della domanda di viaggio e della ricarica intelligente dei veicoli elettrici sul picco di domanda di energia elettrica

La Fig. 91 mostra le emissioni per persona legate alla mobilità per tutti gli scenari considerati. La percentuale di sostituzione dei motori a combustione interna (Scenario 0) con veicoli elettrici è stata assunta costante e pari al 50% del parco veicolare. Per semplicità tutti i veicoli elettrici sono stati assunti dello stesso modello (Nissan Leaf<sup>173</sup>) con batterie di capacità pari a 30 kWh e consumo di 13.3 kWh/100km. Per valutare quale percentuale di consumo elettrico per la mobilità è coperto mediante FV o cogenerazione, si è ipotizzato che tale percentuale sia, per

<sup>173</sup><https://www.nissan.it/veicoli/veicoli-nuovi/leaf.html>

l'area considerata, la stessa di quella del mix considerato, cioè in parte dalla rete e in parte dalle FER. Pertanto, se il carico elettrico residenziale locale viene fornito per il 30% dalla rete, la stessa percentuale si applica alla copertura dei consumi dei veicoli elettrici.

Come si può osservare, nel distretto BD la distanza percorsa crea condizioni sfavorevoli e scenari quindi più inquinanti.

La mobilità ha circa lo stesso impatto in ogni scenario in termini di emissioni. Ciò è dovuto al fatto che le variazioni sono relative al solo mix energetico a cui di volta in volta ci si riferisce. Pertanto, la didascalia di Fig. 91 è riferita ad un generico scenario senza specificare la percentuale di penetrazione.

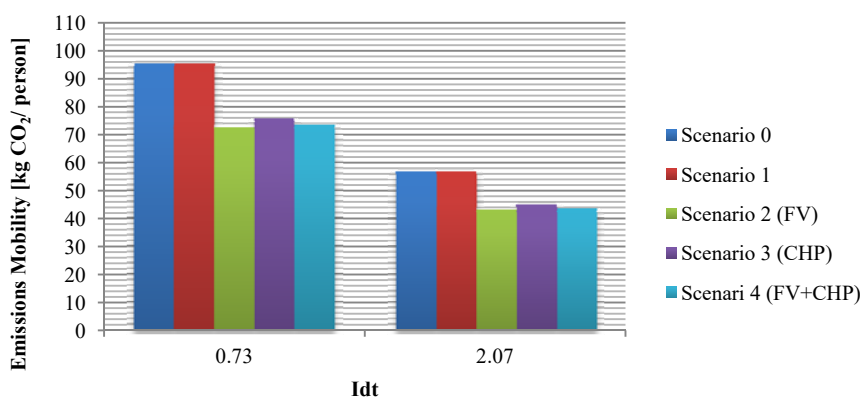


Figura 91. Emissioni annuali a persona per il settore mobilità in funzione del valore Idt: Tutti gli scenari

Altre simulazioni sono state effettuate, con time steps di 15 minuti, allo scopo di vedere qual è l'effetto delle politiche di gestione della domanda di viaggio sulla potenza di picco elettrica dei quartieri.

Sulla base dei dati raccolti a livello locale (indagine a campione e in campo), la distanza media percorsa ad uso lavorativo è stata presa pari a 0.36 km, per il distretto AD e 1.82 km per quello a BD, per gli studenti l'utilizzo dei veicoli è stato assunto pari a 3.35km (distretto AD) e 2.28 km (distretto BD) e, infine, per le casalinghe, 2.28 km (distretto AD) e 3.62 km (distretto BD).

Naturalmente questi numeri possono variare molto in grandi città e in contesti culturalmente diversi.

Lo studio ha, inoltre, simulato l'effetto di una politica di ricarica intelligente, concretizzata in una maggiore possibilità di attivare la ricarica dei veicoli elettrici durante la notte, sulle potenze di picco richieste dal parco di mobilità elettrica ipotizzato nel distretto AD. Il confronto tra le potenze richieste in assenza di una politica di ricarica dei veicoli elettrici, quelle in presenza di una politica di ricarica smart e quelle in presenza di politiche di gestione della domanda, come

*ridesharing* programmi di incentivo all'abbonamento ai servizi pubblici, ha mostrato come la politica di ricarica intelligente fornisca una forte riduzione della potenza di picco richiesta. Inoltre le percentuali di riduzione del consumo di energia, e di conseguenza delle emissioni, sono paragonabili a quelle ottenibili con le politiche VMT valutate che sono, rispettivamente, del 15% per i programmi di *ridesharing* e del 13% per i programmi di incentivo all'abbonamento ai servizi pubblici (vedi Tab. 35 e Tab. 36).

## 12.6 Conclusioni

Nei paesi europei, dove la necessità di ridurre le emissioni urbane è sempre più stringente, la questione della gestione ottimale delle infrastrutture, della pianificazione di hub energetici urbani e delle microgrid è piuttosto rilevante. In questo lavoro, dopo aver definito i concetti di hub energetico e microrete urbana, è stata esposta una panoramica degli approcci più rilevanti alla loro pianificazione e sviluppo oltre che un elenco completo di software di simulazione funzionali a tale scopo. La sezione applicativa è stata dedicata alla descrizione di scenari di cosimulazione di diversi sistemi energetici (termici, elettrici e di mobilità) allo scopo esemplificare il concetto di pianificazione sistemica integrata, che è propria del concetto di smart city, oltre che analizzare la diversa dipendenza tra emissioni, costo attuale netto e alcuni parametri urbani, come l'indice di densità territoriale e la quota di tetti che possono essere coperti da pannelli fotovoltaici. I risultati mostrano che le emissioni e i costi associati ai quartieri a bassa densità sono più elevati di quelli valutati per i distretti ad alta densità e che l'ottimizzazione dei sistemi può avere un beneficio nella riduzione delle emissioni e dei costi. Questo perché nei distretti a bassa densità, caratterizzati da edilizia diffusa, si ha meno possibilità di attuare politiche di condivisione dei servizi rispetto ai distretti ad alta densità, dove invece ciò risulta più semplice. In questi, infatti, attraverso servizi di gestione integrata e una visione completa del sistema come "polo energetico", possono essere implementate misure di efficienza energetica più efficaci dal un punto di vista di riduzione dei costi e delle emissioni. Si è evidenziato, quindi, come ammortizzare i costi iniziali di produzione di energia di sistemi di produzione da FER, nonché ottimizzare la gestione dei servizi urbani, ad esempio quello della mobilità, sia più facile in distretti a morfologia compatta.

Altri risultati interessanti sono relativi all'impatto dei veicoli elettrici sugli insediamenti urbani e agli effetti delle politiche di viaggio sul picco di potenza elettrica. E' risultato, infatti, che le politiche di gestione della domanda sul picco di potenza elettrica sono paragonabili agli effetti ottenibili con l'uso di un sistema di ricarica intelligente che controlla la ricarica. Possibili sviluppi futuri della ricerca, potrebbero riguardare le altre infrastrutture urbane, come la rete di distribuzione

dell'acqua potabile o di canalizzazione delle acque reflue, e come la gestione ottimizzata delle stesse possa influenzare le prestazioni dell'hub energetico.

## Considerazioni e sviluppi futuri

Il lavoro di ricerca ha presentato il concetto di *smart city* e di pianificazione smart, cercando di chiarire i tanti aspetti e le tante definizioni che negli ultimi anni hanno interessato la ricerca e le politiche riferite a tale ambito. Data la generalità del concetto, inquadrare e standardizzare il concetto risulta particolarmente complesso come anche definire una trattazione completa sull'argomento.

*Smart city*, infatti, è una sorta di “cappello tematico” che copre una vasta gamma di ambiti eterogenei, che vengono però affrontati integrando infrastrutture e servizi all'interno di una visione olistica di sviluppo del territorio volto al benessere degli individui e delle comunità. Nell'ottica delle *smart cities* e delle *smart communities*, il miglioramento delle prestazioni urbane, in senso allargato, è posto al centro della pianificazione delle città e porta gli enti di governo del territorio a definire strumenti operativi per lo sviluppo in “chiave intelligente”.

La pianificazione e la gestione di quell'articolato “sistema di sistemi” che è un territorio, passa attraverso un'analisi integrata del contesto in cui si deve intervenire, che permette di definire azioni di pianificazione che siano idonee al sistema stesso. Come visto, l'attuazione del concetto di *smart city*, segue percorsi molto vari a seconda delle specifiche di contesto morfologico, ambientale, infrastrutturale ma anche politiche e culturali.

La necessità di individuare *benchmark* di riferimento, che siano d'aiuto alle Amministrazioni locali nel processo di pianificazione in chiave *smart*, rimane comunque un tema attuale anche se complesso e di difficile soluzione proprio a causa della generalità del concetto, che in sé raccoglie diversi ambiti e molte relazioni di interconnessione e dipendenza tra infrastrutture e ambiti.

Dalla complessità che presenta ogni singolo contesto urbano e dalle sue funzioni, è facile comprendere che lo sviluppo *smart* di un territorio dipenderà da diversi fattori ciascuno variabile su una scala completamente diversa.

E' attraverso tale lettura che, nella trattazione proposta, il tema delle *smart cities* e delle *smart communities* non è stato sviluppato come una questione di dispiegamento di tecnologie, per quanto *smart* queste possano essere, ma di visione strategica e di definizione delle politiche. In riferimento a ciò, e volendo mantenere lo sguardo fisso alle criticità e peculiarità proprie di territori meno all'avanguardia in ambito di sviluppo del territorio, come è il caso di vari comuni del Sud Italia, la ricerca ha voluto affrontare alcuni aspetti legati alla transizione da una pianificazione tradizionale a una che mantenga una visione *smart* di sviluppo.

Facilitata sicuramente dalla visione di città *smart* proposta dalla Comunità Europea, la pianificazione energetica si presenta come il primo tassello per una pianificazione multi ambito che è propria delle definizioni più teoriche e scientifiche del concetto.

Alla luce di ciò, gli obiettivi che ci si pone in termini di sostenibilità e di integrazione delle funzioni urbane dovrebbero essere definiti e sviluppati mantenendo un approccio per *layers* sin dall'analisi del contesto da pianificare.

Infatti, sia che si parli di *layers* infrastrutturali (edifici, reti di servizi urbani, mobilità, etc.), è il caso della pianificazione di distretto come *hub energetico*, che di *layers* o sistemi d'analisi del territorio, come esplicitato nel caso studio relativo all'isola di Pantelleria, tale approccio, se applicato in un'ottica interdisciplinare che legga le possibili interconnessioni e i legami tra *layers* differenti, pone le basi per azioni pianificatorie che, a lungo termine, abbiano un potenziale di sviluppo multi ambito e che siano al contempo integrate nel territorio. Grazie anche all'utilizzo di strumenti di georeferenziazione, l'approccio per *layers*, inoltre, si presta all'integrazione di dati di contesto da parte degli utenti finali, è il caso del *collaborative mapping* portato avanti dal comune di Bologna, che concretizza, inoltre, uno degli aspetti di *governance* partecipata che è propria della *smart city* oltre che permettere una lettura immediata e aggiornata di quei "servizi dematerializzati" che sono frutto della collaborazione e dello spirito innovativo di un determinato territorio.

Una nota, in termini di azioni di pianificazione *smart*, va fatta relativamente alle valutazioni costi-benefici di interventi di retrofit o sviluppo *smart* delle infrastrutture e del territorio in generale. Come sottolineato nel Cap.11, relativo all'analisi tecnica economica di interventi di riqualificazione energetica per l'illuminazione pubblica in un comune siciliano, infatti, azioni *smart* di retrofit delle infrastrutture urbane, molto spesso presentano valutazioni tecnico-economiche non sostenibili per i piccoli comuni.

La pianificazione sinergica, che spesso ipotizza il dialogo tra infrastrutture e tra sistemi diversi, necessita quindi di contabilizzare all'interno del bilancio di un intervento, anche l'aspetto legato ai benefici. Strumenti e metodologie efficaci per valutare o monetizzare i benefici, in termini di miglioramento della qualità della vita per i cittadini e in termini di gestione più efficiente e multi ambito dei vari servizi, per le Amministrazioni, sono necessarie affinché azioni *smart* di retrofit energetico possano acquistare maggior valore e presentarsi interessanti, anche da un punto di vista economico, alla valutazione delle Pubbliche Amministrazioni. Tutto questo mette in evidenza la necessità di valutare le azioni infrastrutturali per mezzo di un bilancio globale che tenga conto di valutazioni tecniche, ambientali, di gestione ma anche di potenzialità d'interconnessione tra i diversi sistemi urbani.

## **Bibliografia**





- AEEG (2014). *Energia: al via in 9 città progetti pilota di smart meter multiservizio*. Comunicato stampa. Milano, 08 settembre 2014. In: [http://www.autorita.energia.it/it/com\\_stampa/14/140908cs.htm](http://www.autorita.energia.it/it/com_stampa/14/140908cs.htm)
- Agudelo-Vera, C. M., Keesman, K. J., Mels, A. R., & Rijnaarts, H. H. (2013). Evaluating the potential of improving residential water balance at building scale. *Water research*, 47(20), 7287-7299.
- Ala G., Cosentino V., Di Stefano A., Fiscelli G., Genduso F., Giaconia C., Ippolito M.G., La Cascia D., Massaro F., Miceli R., Romano P., Spataro C., Viola F., Zizzo G (2008). *Energy Management via Connected Household Appliances*, Ed.McGraw-Hill.
- Allegrini, J., Orehounig, K., Mavromatidis, G., Ruesch, F., Dorer, V., & Evins, R. (2015). A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1391-1404.
- Altan, H., Refaee, M., Han, L., & Noguchi, M. (2013). Measured Home Environment And Energy Consumption Compared To Accepted Standards. *Open House International*, 38(3).
- Alzoubi, H. H., & Malkawi, A. T. (2015). The optimal utilization of solar energy in residential buildings in light of the Jordanian building regulations. *Sustainable Cities and Society*, 14, 441-448.
- Ambiente Italia (2011), *Pantelleria Emission Free*. Report, Comune di Pantelleria.
- Andersen, P. H., Mathews, J. A., & Rask, M. (2009). Integrating private transport into renewable energy policy: The strategy of creating intelligent recharging grids for electric vehicles. *Energy Policy*, 37(7), 2481-2486.
- Annunziata, E., Frey, M., & Rizzi, F. (2013). Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe. *Energy*, 57, 125-133.
- Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità - Dipartimento dell'Energia, Regione Sicilia (2012). *Rapporto Energia 2011- Dati sull'energia in Sicilia*, Regione Sicilia.
- Autorità per l'energia elettrica ed il gas (2008). Delibera EEN 3/08 - Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica.
- Ballarini, I., & Corrado, V. (2012). Analysis of the building energy balance to investigate the effect of thermal insulation in summer conditions. *Energy and Buildings*, 52, 168-180.
- Ballarini, I., Corgnati, S. P., & Corrado, V. (2014). Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA project. *Energy Policy*, 68, 273-284.
- Barbieri, E. S., Melino, F., & Morini, M. (2012). Influence of the thermal energy storage on the profitability of micro-CHP systems for residential building applications. *Applied Energy*, 97, 714-722.
- Barrau, J., Ibañez, M., & Badia, F. (2014). Impact of the optimization criteria on the determination of the insulation thickness. *Energy and Buildings*, 76, 459-469.
- Barthel, C., & Franke, M. (2012). Analysis of proposed eco-design requirements for boilers and water heaters: paper within the framework of the "Material efficiency and resource conservation" (MaRes) project, task 14.

- Beccuti, M., Chiaradonna, S., Di Giandomenico, F., Donatelli, S., Dondossola, G., & Franceschinis, G. (2012). Quantification of dependencies between electrical and information infrastructures. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 5(1), 14-27.
- Behera, M., Bhattacharyya, S. K., Minocha, A. K., Deoliya, R., & Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review.. *Construction and building materials*, 68, 501-516.
- Bellia, L., Marino, C., Minichiello, F., & Pedace, A. (2014). An Overview on Solar Shading Systems for Buildings. *Energy Procedia*, 62, 309-317.
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & Ghaffarian Hoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411-428.
- Bertani R. (2012). L'energia geotermica. *Analysis Rivista di cultura e politica scientifica*, N. 3/2005, on line in: [http://www.analysis-online.net/numero05-3/bertani\\_geotermia.pdf](http://www.analysis-online.net/numero05-3/bertani_geotermia.pdf) (accesso 20 ottobre 2012).
- Between Spa (2013). *Smart city index - Confrontarsi per diventare smart*, Report 2013 on line in <http://www.webeconomyforum.it/portale/wef-blog/2013/08/07/smart-city-index-quanto-e-smart-la-tua-citta/>
- Boasson, E. L., & Wettestad, J. (2016). *EU climate policy: Industry, policy interaction and external environment*. Routledge.
- Borga, G. (2012). Geomatic City Sensing, città, reti, sensori e tempo reale. Tecnologie e approcci innovativi per conoscere e governare il territorio. *GEOMedia*, 15(5).
- Borja, J. (1992). Eurocities—a system of major urban centers in Europe. *Ekistics*, 21.
- Botsman R., Rogers R. (2010). *What's mine is yours: the rise of collaborative consumption*, Harper Collins, New York.
- Boulton, A., Brunn, S. D., Devriendt, L. (2011). 18 cyber infrastructures and 'smart' world cities: physical, human and soft infrastructures. *International handbook of globalization and world cities*, 198.
- Brun, A., Wurtz, E., Hollmuller, P., & Quenard, D. (2013). Summer comfort in a low-inertia building with a new free-cooling system. *Applied Energy*, 112, 338-349.
- Building Systems Laboratory (1999). BLAST 3.0 Users Manual, Department of Mechanical and Industrial Engineering, Building Systems Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL
- Burton, I. (1987). Report on reports: Our common future: The world commission on environment and development. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 29(5), 25
- Caragliu A., de Bo C. & Nijkamp P. (2009). Smart cities in Europe. *3rd Central European Conference in Regional Science – CERS, 2009*.
- Carlisle, N., Van Geet, O., & Pless S. (2009). *Definition of a 'Zero Net Energy' Community*, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado. Technical Report NREL/TP-7A2-46065
- Carrescia G., De Mango G., Ferroli L., Gaia L., Pipa G., Trezza F., Vienna F. (2010), *Le Guide Blu, Fotovoltaico*. Tuttonormel.

- Carta M. (2014), Smart planning and intelligent cities: a new Cambrian Explosion, in Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Vaccaro V., Zizzo G. (ed.), *Smart rules for smart cities – Managing efficient cities in Euro-mediterranean countries*, Springer for Innovation.
- Carter T. (2011), *How much does it cost to develop an app?*, on line in: [www.bluecloudsolutions.com](http://www.bluecloudsolutions.com)
- Casini, M., Pinamonti, P., & Reini, M. (2009). Optimal Lay-Out and Operation of Combined Heat & Power (CHP) Distributed Generation Systems. *Energy*, 34(12), 2175-2183.
- Castellano G. (2014). Fidati di me. *Panorama*, Milano.
- Causone, F., Carlucci, S., Pagliano, L., & Pietrobon, M. (2014). A Zero Energy Concept Building for the Mediterranean Climate. *Energy Procedia*, 62, 280-288.
- Cervigni, G., Di Castelnuovo, M., Poletti, C., & Sileo, A. (2011). *Costi e benefici dell'introduzione di un sistema di "smart metering" nel settore italiano del gas*. Research Report (No. 8).
- Chandel, S. S., Sharma, A., & Marwaha, B. M. (2016). Review of energy efficiency initiatives and regulations for residential buildings in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1443-1458.
- Chen, F., Duic, N., Alves, L. M., & da Graca Carvalho, M. (2007). Renewislands—Renewable energy solutions for islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(8), 1888-1902.
- Chicco, G. & Mancarella, P. (2006). A comprehensive approach to the characterization of trigeneration systems. *Proceeding VI World Energy System Conference*
- Cholewa, T., Rosiński, M., Spik, Z., Dudzińska, M. R., & Siuta-Olcha, A. (2013). On the heat transfer coefficients between heated/cooled radiant floor and room. *Energy and Buildings*, 66, 599-606.
- Chourabi, H., Taewoo, N., Walker, S., Gil-Garcia, J.R., S. Mellouli, S., Nahon, K., & Pardo, H.J. Scholl (2012). Understanding smart city: an integrative framework. In: *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS)*, 2289-2297, TBD Maui, HI, USA, January 2012.
- Cipollina, A., & Micale, G. (Eds.). (2016). *Sustainable Energy from Salinity Gradients*. Woodhead Publishing.
- Cocchia A. (2014, a). Smart City and Digital City: a systematic literature review. In: Renata Paola Dameri e Camille Rosenthal-Sabroux, *Smart City. How to create public and economic value with high technology in Smart city urban space*, Progress in IS, Springer.
- Cocchia A. (2014, b). Smart City: un confronto tra Italia e Cina. *Impresa Progetto - Electronic Journal of Management*, n. 4
- Comitato Elettrico Italiano (2009), *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione*, in Guida CEI 82 - 25, Ed.II.
- Commission of the European Communities (1990). *Green Paper on the Urban Environment*, Brussels.
- Comune di Bari (2012). *Nuovo Regolamento edilizio della città di Bari*. Comune di Bari, Italia.

- Comune di Bologna (2009). *Regolamento urbanistico edilizio (RUE)*. Comune di Bologna, Italia.
- Comune di Bologna (2013,a), *Agenda Digitale di Bologna*, on line in: <http://www.iperbole2020.comune.bologna.it>
- Comune di Bologna (2013,b). MiMuovoSmartCity – L'applicazione e il portale per l'infomobilità bolognese. on line in: [www.iperbole2020.comune.bologna.it](http://www.iperbole2020.comune.bologna.it)
- Comune di Castelbuono (2009), *PAES – Piano d'Azione di Efficienza Energetica*, Castelbuono, Sicilia
- Comune di Monterotondo (2009). *Norme per la sostenibilità ambientale allegato al regolamento edilizio*. Monterotondo. Roma.
- Comune di Palermo (2013), *Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile, Relazione generale*. Comune di Palermo, Assessorato all'Ambiente Comune di Palermo.
- Conroy M.M., Evans-Cowley J. (2006). *E-participation in planning: an analysis of cities adopting on-line citizen participation tools*, Environment and Planning C:Government and Policy, Vol. 24, n. 3, pp. 371 – 384.
- Cosentino, V., Favuzza, S., Graditi, G., Ippolito, M. G., Massaro, F., Sanseverino, E. R., & Zizzo, G. (2012). Smart renewable generation for an islanded system. Technical and economic issues of future scenarios. *Energy*, 39(1), 196-204.
- Costantino D. (1997). *Piano territoriale Paesistico dell'isola di Pantelleria*, 1996-1997, Re-gione Sicilia.
- Costantino, D., Ippolito, M. G., Riva Sanseverino, R., Riva Sanseverino, E., & Vaccaro, V. (2013). Sustainable Integration of Renewable Energy Systems in a Mediterranean Island: A Case Study. *Sustainability in Energy and Buildings*(pp. 975-985). Springer Berlin Heidelberg.
- Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., ... & Glazer, J. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and buildings*, 33(4), 319-331.
- D.Lgs.16 Marzo 1999, n. 79 - Attuazione della Direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica (G.U. 31 Marzo 1999, N. 75)
- D'Oca, S., Corgnati, S. P., & Buso, T. (2014). Smart meters and energy savings in Italy: Determining the effectiveness of persuasive communication in dwellings. *Energy Research & Social Science*, 3, 131-142.
- Dalla Rosa, A., & Christensen, J. E. (2011). Low-energy district heating in energy-efficient building areas. *Energy*, 36(12), 6890-6899.
- Dama, A. & Pagliano, L. (2005). *Vetri ad alte prestazioni energetiche*. Il progetto sostenibile, vol.2005. Italia.
- Dameri R.P. (2014). *Comparing Smart and Digital City: initiatives and strategies in Amsterdam and Genoa. Are they Digital and/or Smart?* In: Renata Paola Dameri e Camille Rosenthal-Sabroux, *Smart City. How to create public and economic value with high technology in Smart city urban space*, Progress in IS, Springer
- Dameri R.P., Rosenthal-Sabroux C. (2014). *Smart City and value creation*. In: Renata Paola Dameri e Camille Rosenthal-Sabroux (a cura di), *Smart City. How to create public and economic value with high technology in Smart city urban space*, Progress in IS, Springer.
- De Boeck, L., Audenaert, A., & De Mesmaeker, L. (2013). Improving the energy performance of residential buildings: a literature review. *HUBrussel Research Paper 2013/13*.

- Decreto del Presidente della Repubblica (2013). DPR 2013, n. 74 - Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del d.lgs. 19 agosto 2005, n. 192
- Decreto Legislativo 19 Agosto 2005, n. 192 (Dlgs. 192/2005). Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia. Gazzetta Ufficiale n.222del 23 settembre 2005.
- Decreto legislativo n.28/2011: Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. (2011).
- Decreto legislativo n.59/2009: Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia. (2009).
- Derudder, B. (Ed.). (2012), *International handbook of globalization and world cities*, Edward Elgar Publishing.
- Di Liddo M., Falconi A., Iacovino G., La Bella L.(2011). Il Ruolo dei Social Network nelle Rivolte Arabe, *Osservatorio di Politica Internazionale*,n. 40.
- Di Monaco, D., Lecca, P., Iannotti, R. A., Iannotti, M., Sibilia, A., Nanni, S., Donadio, D., Filippetti, M., De Angeli, M. & Tremadio, F. (2013), *Linee guida operative per la gestione degli impianti di illuminazione pubblica*. Ancitel - Energia e Ambiente S.p.A.
- Di Silvestre, M. L., Sanseverino, E. R., Zizzo, G., & Graditi, G. (2013). An optimization approach for efficient management of EV parking lots with batteries recharging facilities. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 4(6), 641-649.
- Dipartimento di Energia della Regione Siciliana - Osservatorio regionale e Ufficio statistico per energia (2015). *Rapporto Energia 2015*, Parte III, 123-131.
- Dirks, S., & Keeling, M. (2009). A vision of smarter cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future. *IBM Institute for Business Value*. June.
- Dlgs 311/2006. Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- Domingue J. et al. (Eds.): Future Internet Assembly, LNCS 6656, 2011. European Commission (2010), *Strategic Policy Paper on Broadband in Cities*, Eurocities Paper.
- Dujardin, S., Pirart, F., Brevers, F., Marique, A. F., & Teller, J. (2012). Home-to-work commuting, urban form and potential energy savings: A local scale approach to regional statistics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(7), 1054-1065.
- EN 15232: 2012. Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management; the European Standard.
- EN ISO 13370:2007. Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods.

- EN ISO 6946:2007. Building components and building elements- thermal resistance and thermal transmittance - calculation method.
- ENEA (2012). RAEE, Rapporto annuale efficienza energetica 2011. ENEA, Roma.
- ENEA (2014). *Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2014*, on line in: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_necap\\_it\\_italy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_necap_it_italy.pdf)
- Environmental Protection Agency. (2013, July). *Strategies for Saving Energy at Public Water Systems* (EPA report 816-F-13-004). EPA Office of Water. on line in: [http://water.epa.gov/type/drink/pws/smallsystems/upl\\_oad/epa816f13004.pdf](http://water.epa.gov/type/drink/pws/smallsystems/upl_oad/epa816f13004.pdf)
- European Environment Agency (2013), Report N. 10/2013, *Trends and projections in Europe 2013 - Tracking progress towards Europe's climate and energy targets until 2020*, pp.12
- European Parliament (2002). Directive 2002/91/CE of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.
- European Parliament (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
- European Union, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Communities, 4 January 2003.
- Evans, D. (2011). The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*, 1, 14.
- Evins, R., Orehounig, K., & Dorer, V. (2015). Integrated urban energy modelling approaches to support the Swiss Energy Strategy 2050. *Proceedings of International Conference CISBAT 2015 Future Buildings and Districts Sustainability from Nano to Urban Scale* (No. EPFL-CONF-213427, pp. 847-852). LESO-PB, EPFL.
- Favre-Perrod, P., Geidl, M-, Kl'ockl, B. & Koeppel, G.. A vision of future energy networks. In Proc. of Inaugural IEEE PES Conference and Exposition in Africa, Durban, South Africa, 2005.
- Ferrante, P., La Gennusa, M., Peri, G., Porretto, V., Sanseverino, E. R., & Vaccaro, V. (2016, June). On the architectural and energy classification of existing buildings: A case study of a district in the city of Palermo. *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2016 IEEE 16th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- Ferrari A., Morrone A. (2014). *La misurazione del benessere urbano*, in ISPRA, 2014, Qualità dell'ambiente urbano, X Rapporto 2014, Roma.
- Filippini S. (2015). *Quanto costa sviluppare una app? Prezzi e tappe di realizzazione per la creazione di una app*, on line in:<http://www.elblog.elbuild.it>
- Filogamo, L., Peri, G., Rizzo, G., & Giaccone, A. (2014). On the classification of large residential buildings stocks by sample typologies for energy planning purposes. *Applied Energy*, 135, 825-835.
- Fistola, R. (2013). Smart City: riflessioni sull'intelligenza urbana. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(1), 47-60.
- Ford, B., Schiano-Phan, R., & Zhongcheng, D. (2007). The Passivhaus Standard in European warm climates: Design guidelines for comfortable low energy homes. Part 1. A review of comfortable low energy homes.
- Foresta, F. (2013). Energia dalla Madonie. *Qual'Energia?*, N.3/2013

- Freese, C., & Schönberg, A. T. (2014). *Shared Mobility – How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game*. Roland Berger Strategy Consultants, München.
- Frey, H. (2003). *Designing the city: towards a more sustainable urban form*. Taylor & Francis.
- Gagliano, A., Detommaso, M., Nocera, F., & Evola, G. (2015). A multi-criteria methodology for comparing the energy and environmental behavior of cool, green and traditional roofs. *Building and Environment*, 90, 71-81.
- Gago, E. J., Muneer, T., Knez, M., & Köster, H. (2015). Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1-13.
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749-758.
- Galante, A., & Torri, M. (2012). A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale. *Energy and Buildings*, 48, 211-219.
- Gao, Y., Xu, J., Yang, S., Tang, X., Zhou, Q., Ge, J., & Levinson, R. (2014). Cool roofs in China: Policy review, building simulations, and proof-of-concept experiments. *Energy Policy*, 74, 190-214.
- Garg, N., Kumar, A., & Maji, S. (2013). Significance and implications of airborne sound insulation criteria in building elements for traffic noise abatement. *Applied Acoustics*, 74(12), 1429-1435.
- Geidl, M. (2007). *Integrated Modeling and Optimization of Multi-Carrier Energy Systems*, PhD Dissertation. In:<http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:29506/eth-29506-02.pdf>.
- Geidl, M., Favre-Perrod, P., Klöckl, B., & Koepfel, G. (2006). A greenfield approach for future power systems. *Proc. of Cigre General Session*, 41.
- Geidl, M., Koepfel, G., Favre-Perrod, P., Klöckl, B., Andersson, G., & Fröhlich, K. (2007, March). The Energy Hub—A powerful concept for future energy systems. In *Third annual Carnegie Mellon Conference on the Electricity Industry*, Pittsburgh (pp. 13-14).
- Gerdenitsch, C., Scheel, T. E., Andorfer, J., & Korunka, C. (2016). Coworking Spaces: A Source of Social Support for Independent Professionals. *Frontiers in psychology*, 7
- Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanović N. & Meijers E. (2007). *Smart cities: ranking of european medium-sized cities*. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, Report- 2007.
- Goldsmith, S. & Crawford, S. (2014). *The responsive city: Engaging communities through data-smart governance*. John Wiley & Sons.
- Graditi G., Bertini I., Cosentino V., Favuzza S., Ippolito M.G., Massaro F., Riva Sanseverino E., Zizzo G. (2010). *Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive*. Report 1 – Caratterizzazione delle reti attuali e analisi di possibili scenari di sviluppo.

- Grubler, A., Bai, X., Buettner, T., Dhakal, S., Fisk, D., Ichinose, T. & Shah, N. (2012). Urban energy systems. *Global energy assessment: Toward a sustainable future*, 1307-1400.
- Guerrero, J. M., Chandorkar, M., Lee, T. L., & Loh, P. C. (2013). Advanced control architectures for intelligent microgrids, part I: decentralized and hierarchical control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(4), 1254-1262.
- Guerrero, J. M., Vasquez, J. C., Matas, J., De Vicuña, L. G., & Castilla, M. (2011). Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids - A general approach toward standardization. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(1), 158-172.
- Gurung, T. R., Stewart, R. A., Beal, C. D., & Sharma, A. K. (2015). Smart meter enabled water end-use demand data: platform for the enhanced infrastructure planning of contemporary urban water supply networks. *Journal of Cleaner Production*, 87, 642-654.
- Hachem, C. (2016). Impact of neighborhood design on energy performance and GHG emissions. *Applied Energy*, 177, 422-434.
- Hadley, S. W., & Tsvetkova, A. A. (2009). Potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on regional power generation. *The Electricity Journal*, 22(10), 56-68.
- Hain, J. J., Ault, G. W., Galloway, S. J., Cruden, A., & McDonald, J. R. (2005). Additional renewable energy growth through small-scale community orientated energy policies. *Energy Policy*, 33(9), 1199-1212.
- Harvey, L. D. (2009). Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2(2), 139-163.
- Hemmes, K., Zachariah-Wolf, J. L., Geidl, M., & Andersson, G. (2007). Towards multi-source multi-product energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(10), 1332-1338.
- Herrando, M., Cambra, D., Navarro, M., de la Cruz, L., Millán, G., & Zabalza, I. (2016). Energy Performance Certification of Faculty Buildings in Spain: The gap between estimated and real energy consumption. *Energy Conversion and Management*.
- Hesaraki, A., & Holmberg, S. (2013). Energy performance of low temperature heating systems in five new-built Swedish dwellings: A case study using simulations and on-site measurements. *Building and Environment*, 64, 85-93.
- Hoffmann, C., Schubert, S., Leemann, A., & Motavalli, M. (2012). Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: Influence of variations in composition on the concrete properties and their use as structural material. *Construction and Building Materials*, 35, 701-709.
- Hörner, M.; Jedek, C.; Cischinsky, H (2015). The gap between calculated energy demand and measured consumption for non residential buildings - An empirical approach [Die Diskrepanz zwischen Energiebedarf und -verbrauch bei Nichtwohngebäuden - ein empirischer Ansatz]. *Bauphysik 2015*, 37 (5), 284-295.
- Ichikawa, Y (2013). Standardization on Smart Community Infrastructures in *Research & Exploration* - May/June 2014.
- ILETE, Initiative for Low Energy Training in Europe (2010). Labeling and Certification Guide (Report).



- Infoenergia & Department BEST, Politecnico di Milano (2012). *Definizione di regole per strumenti urbanistici orientati alla valorizzazione energetica ed ambientale* - Linee Guida. Provincia di Monza Brianza.
- Inglese, G (2004). *Indagine di campo sul sistema energetico dell'Isola di Pantelleria*. Analisi di scenari ed applicazione dell'impronta ecologica, Tesi A.A.2003-2004, Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, Università degli Studi di Palermo.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). IPCC. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. In : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>
- International Organization for Standardization (2014,a). ISO 37120:2014 - Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life.
- International Standard Organization (2014,b). ISO/TR 37150:2014 - Smart community infrastructures -Review of existing activities relevant to metrics.
- International Telecommunication Union, Telecommunication standardization sector, ITU-T, (2014). An Overview of Smart Sustainable Cities and the Role of Information and Communication Technologies (ICT). In:[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:w\\_xsalhNupEJ:www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved\\_Deliverables/TR-Overview-SSC.docx+&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=i](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:w_xsalhNupEJ:www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Overview-SSC.docx+&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=i)
- Ippolito, M. G., Riva Sanseverino, E., & Zizzo, G. (2014). Impact of building automation control systems and technical building management systems on the energy performance class of residential buildings: An Italian case study. *Energy and Buildings*, 69, 33-40.
- ISO 13790 (2008). Energy performance of buildings -- Calculation of energy use for space heating and cooling. Geneva: International Organization for Standardization
- ISO 15099 (2003). Thermal performance of windows, doors and shading devices -- Detailed calculations. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISPRA (2014). *Qualità dell'ambiente urbano*, X Rapporto 2014, Roma. Online in <http://www.isprambiente.gov.it>
- IUCN (1980). *World Conservation Strategy, living resource conservation for sustainable development*. IUCN, Morges.
- Jaber, S., & Ajib, S. (2011). Optimum, technical and energy efficiency design of residential building in Mediterranean region. *Energy and Buildings*, 43(8), 1829-1834.
- Jablonska, B., Ruijg, G. J., Opstelten, I. J., Epema, T., & Willems, E. M. M. (2010, October). Transition to sustainable energy neutral districts before 2050: Innovative concepts and pilots for the built environment. In Presented at: *AES Conference* (Vol. 19, p. 21). by: Publication date: ECN Efficiency & Infrastructure 25-3-2011.
- Jang, H. S., Kim, H. J., & Jeon, J. Y. (2014). Scale-model method for measuring noise reduction in residential buildings by vegetation. *Building and Environment*.
- Jin, J. T., & Jeong, J. W. (2014). Optimization of a free-form building shape to minimize external thermal load using genetic algorithm. *Energy and Buildings*, 85, 473-482.

- Keirstead, J., & Shah, N. (2013). *Urban energy systems: an integrated approach*. Routledge.
- Keirstead, J., Jennings, M., & Sivakumar, A. (2012). A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3847-3866.
- Klobut, K. (2013). New Regulation sets demanding Ecodesign requirements for boilers. *REHVA Journal*–May.
- Knight, I., Stravoravdis, S., & Lasvaux, S. (2008). Predicting operational energy consumption profiles-findings from detailed surveys and modelling in a UK educational building compared to measured consumption.. *International Journal of Ventilation*, 7(1), 49-57.
- Koeppel, G. A. (2007). *Reliability considerations of future energy systems: multi-carrier systems and the effect of energy storage* (Doctoral dissertation, SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH).
- Koeppel, G., & Andersson, G. (2006, July). The influence of combined power, gas, and thermal networks on the reliability of supply. In *The sixth world energy system conference*, Torino, Italy (pp. 10-12).
- Kroes, N. (2010). *European Commissioner for Digital agenda, The critical role of cities in making the Digital Agenda a reality*. Closing speech to Global Cities Dialogue Spring Summit of Mayors Brussels, 28 May.
- Kurra, S., & Dal, L. (2012). Sound insulation design by using noise maps. *Building and Environment*, 49, 291-303.
- La Gennusa, M., Lascari, G., Rizzo, G., Scaccianoce, G., & Sorrentino, G. (2011). A model for predicting the potential diffusion of solar energy systems in complex urban environments. *Energy Policy*, 39(9), 5335-5343.
- Lambert, T., Gilman, P., & Lilienthal, P. (2006). *Micropower system modeling with HOMER*, in Integr. Altern. Sources Energy, F. A. Farret and M. G. Simões, Eds. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2006, pp. 379–418.
- Landry C. (2012). *The creative city: A toolkit for urban innovators*. Earthscan.
- Lang, R., LeFurgy, J., & Nelson, A. C. (2006). The Six Suburban Eras of the United States. *Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies*.
- Leccese, F., & Tuoni, G. (2003). On the environmental pollution and energy waste due to urban lighting. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 63.
- Leccese, F., & Tuoni, G. (2005). Lighting requirements and other energy and safety aspects in urban areas. *LUX EUROPA 2005–Proceedings*, 535-538.
- Li, M., Miao, L., & Shi, J. (2014). Analyzing heating equipment's operations based on measured data. *Energy and Buildings*, 82, 47-56.
- Li, Z., Chang, S., Ma, L., Liu, P., Zhao, L., & Yao, Q. (2012). The development of low-carbon towns in China: Concepts and practices. *Energy*, 47(1), 590-599.
- Lima, C. A. F., & Navas, J. R. P. (2012). Smart metering and systems to support a conscious use of water and electricity. *Energy*, 45(1), 528-540.
- Linden D., & Reddy, T. B. (2001). *Handbook of Batteries*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, Aug. 2001
- Liu, J., Heidarinejad, M., Gracik, S., & Srebric, J. (2015). The impact of exterior surface convective heat transfer coefficients on the building energy consumption in urban neighborhoods with different plan area densities. *Energy and Buildings*, 86, 449-463.

- Lucchi, E. (2011, November). Energy Efficiency in Historic Buildings: a Tool for Analysing the Compatibility; Integration and Reversibility of Renewable Energy Technologies. In *World Renewable Energy Congress-Sweden; 8-13 May; 2011; Linköping; Sweden* (No. 057, pp. 2010-2017). Linköping University Electronic Press.
- Lumicisi A. (2013). *Il Patto dei Sindaci- le città come protagoniste della green economy*. Edizioni Ambiente, Milano.
- Lund, P. (2012). Large-scale urban renewable electricity schemes–integration and interfacing aspects. *Energy Conversion and Management*, 63, 162-172.
- Lund, P. D., Mikkola, J., & Ypyä, J. (2015). Smart energy system design for large clean power schemes in urban areas. *Journal of Cleaner Production*, 103, 437-445.
- Maivel, M., & Kurnitski, J. (2014). Low temperature radiator heating distribution and emission efficiency in residential buildings. *Energy and Buildings*, 69, 224-236.
- Malecki, E. J. (2002). Hard and soft networks for urban competitiveness. *Urban Studies*, 39(5-6): 929-945.
- Mancarella, P. (2014). MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models. *Energy*, 65, 1-17.
- Manfredi, M., Caputo, P., & Costa, G. (2011). Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. *Applied Energy*, 88(4), 1032-1048.
- Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, J. K., Thaarup, R. K. & Kotterink, B. (2014). *Mapping smart cities in the EU*. Directorate general for internal policies – Policy Department A: Economic and scientific Policy, European Parliament.
- Marique, A. F., & Reiter, S. (2012). A method to evaluate the energy consumption of suburban neighborhoods. *HVAC&R Research*, 18(1-2), 88-99.
- Marique, A. F., & Reiter, S. (2014). A simplified framework to assess the feasibility of zero-energy at the neighbourhood/community scale. *Energy and Buildings*, 82, 114-122.
- Marsal-Llacuna M. L. (2015). Conceptualizing, Modeling and Simulating Sustainability as Tools to Implement Urban Smartness. In *Computational Science and Its Applications--ICCSA2015* (pp. 477-494). Springer International Publishing
- Mattoni, B., Gugliermetti, F., & Bisegna, F. (2015). A multilevel Method to Assess and Design the Renovation and Integration of smart Cities (MATRICS). *Sustainable Cities and Society*.
- Matuska, T., & Sourek, B. (2006). Façade solar collectors. *Solar Energy*, 80 (11), 1443-1452.
- McNabola, A., Coughlan, P., Corcorana, L., Power, C., Prysor, A.W., Harris, I., Gallagher, J., & Styles, D. (2014) Energy recovery in the water industry using micro-hydropower: an opportunity to improve sustainability. *Water Policy* 16, 168–183.
- Menga, R., & Grattieri, W. (2009). *Linee Guida Operative per la realizzazione di impianti di Pubblica Illuminazione*. SSE - Sviluppo dei Sistemi Elettrici, Rapporto CESI.

- Miceli, R., La Cascia, D., Spataro, C., Fiscelli, G., Massaro, F., Genduso, F., ... & Giaconia, G. C. (2008). Energy management via connected household appliances.
- Michalena, E., & Angeon, V. (2009). Local challenges in the promotion of renewable energy sources: the case of Crete. *Energy Policy*, 37(5), 2018-2026.
- Miller, C., Thomas, D., Kämpf, J., & Schlueter, A. (2015). Long wave radiation exchange for urban scale modelling within a co-simulation environment. In *Proceedings of International Conference CISBAT 2015 Future Buildings and Districts Sustainability from Nano to Urban Scale* (No. EPFL-CONF-213432, pp. 871-876). LESO-PB, EPFL.
- Ministero delle Attività Produttive (2004). Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art. 16, comma 4, del D.Lgs. 23 maggio 2000, n. 164. *Gazzetta Ufficiale 1° settembre 2004, n. 205*.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2014) Dpcm 26 settembre 2014: Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica. Italia
- Ministero dello Sviluppo Economico (2009). Decreto Ministeriale 26/6/2009. Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
- Ministero dello Sviluppo Economico (2012). Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle regioni e delle provincie autonome (c.d. Burden Sharing). Decreto 15 Marzo 2012. *Gazzetta ufficiale. Della Repubblica Italiana*, 2 aprile 2012, n. 78.
- Ministero dello Sviluppo economico delle Infrastrutture e dei Trasporti e il Ministero dell'Ambiente (2013), "Strategia Energetica Nazionale (SEN): per un'energia più competitiva e sostenibile"
- MIT (2013). *Smart Cities Group*, Cambridge, MA. Online in: <http://smartcities.media.mit.edu/frameset.html>.
- Mitra, I. (2006). A renewable island life: electricity from renewables on small islands. *Refocus*, 7(6), 38-41
- Molitor, C., Gross, S., Zeitz, J., & Monti, A. (2014). MESCOS—A Multienergy System Cosimulator for City District Energy Systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2247-2256.
- Mora, D., Carpino, C., & De Simone, M. (2015). Behavioral and physical factors influencing energy building performances in Mediterranean climate. *Energy Procedia*, 78, 603-608..
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011, June). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times* (pp. 282)
- Nanni, G., Eroo, K., Toso, F. & Mostacci, A. (2013). *I regolamenti edilizi comunali e lo scenario dell'innovazione energetica e ambientale in Italia* (ONRE Report). Cresme Ricerche e Legambiente.
- Neusser, M., Lederer, A., Harreither, C., & Bednar, T. (2015). Identification of the user Behavior Related Influence on the Estimated Energy Performance. *Energy Procedia*, 78, 597-602.

- Numan, M. Y., Almaziad, F. A., & Al-Khaja, W. A. (1999). Architectural and urban design potentials for residential building energy saving in the Gulf region. *Applied energy*, 64(1), 401-410
- O'Leary, T., Belusko, M., Whaley, D., & Bruno, F. (2016). Comparing the energy performance of Australian houses using NatHERS modelling against measured household energy consumption for heating and cooling. *Energy and Buildings*, 119, 173-182.
- Oberthur S. & Dupont C. (2015). *Decarbonization in the European Union: internal policies and external strategies*. Palgrave Macmillian, London
- Orehounig, K., Evins, R., & Dorer, V. (2015). Integration of decentralized energy systems in neighbourhoods using the energy hub approach. *Applied Energy*, 154, 277-289.
- Osservatorio Regionale e l'Ufficio Statistico per l'Energia della Regione Siciliana (2012). *Rapporto energia 2012 – Dati sull'Energia in Sicilia*.
- Osservatorio Regionale e l'Ufficio Statistico per l'Energia della Regione Siciliana (2013). *Rapporto energia 2013 – Monitoraggio sull'energia in Sicilia*.
- Østergaard, P. A. (2015). Reviewing EnergyPLAN simulations and performance indicator applications in EnergyPLAN simulations. *Applied Energy*, 154, 921-933
- Outwater, M., Smith, C., Walters, J., Welch, B., Cervero, R., Kockelman, K., & Kuzmyak, J. R. (2014). Effect of Smart Growth Policies on Travel Demand. *Transportation Research Board*.
- Pagani R. (2012). L'urbe diventa smart, in rivista online *Quale energia?*, aprile 2012.
- Pagliano, L., Carlucci, S., Toppi, T., & Zangheri, P. (2009). *Passivhaus per il sud dell'Europa - Linee guida per la progettazione*. Rockwool guide, 'Passive-On' IEE Project, Milan, Italy.
- Papa Francesco (2015). *Laudato si*, Edizioni Vaticane
- Paparo A. (2014), *Sharing economy, un italiano su tre vuole provarla*, p.2. <http://www.economyup.it>
- Pardo T. A. & Nam T. (2011). Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. *The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research*.
- Parekh, A., & Eng, P. (2005). Development of archetypes of building characteristics libraries for simplified energy use evaluation of houses. In *Proceedings of the Ninth International Building Performance Simulation Association Conference (IBPSA)*.
- Parise, G., & Martirano, L. (2009, May). Impact of building automation, controls and building management on energy performance of lighting systems. In *Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference-Conference Record 2009 IEEE* (pp. 1-5). IEEE.
- Parise, G., Martirano, L., & Mitolo, M. (2011). Electrical safety of street light systems. *IEEE transactions on power delivery*, 26(3), 1952-1959.
- Parlamento Europeo (2010). Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione). *Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea* n. L, 153, 13.

- Parlamento Europeo (2012). Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea n. L, 315(1).
- Patsios, S. I., & Karabelas, A. J. (2011). An investigation of the long-term filtration performance of a membrane bioreactor (MBR): the role of specific organic fractions. *Journal of membrane science*, 372(1), 102-115.
- Pellegrino, A., Aghemo, C. & Rollino, L. (2012). *Ottimizzazione energetico ambientale dell'illuminazione pubblica in Val Pellice*. Italy: Dipartimento di Energia Politecnico di Torino – Gruppo TEBE, pp.20- 21.
- Peri, G., Rizzo, G., Scaccianoce, G., La Gennusa, M., & Jones, P. (2016). Vegetation and soil-related parameters for computing solar radiation exchanges within green roofs: Are the available values adequate for an easy modeling of their thermal behavior?. *Energy and Buildings*, 129, 535-548.
- Peri, G.; Foresta, F.; Inzerillo, L.; Rizzo, G (2013). Environmentally assessing buildings characterized by complex shape and innovative materials. In *Advanced Materials Research* 2013 (Vol. 664, pp. 409-414). Trans Tech Publications.
- Popa, M., & Cepișcă, C. (2011). Energy consumption saving solutions based on intelligent street lighting control system. *UPB Sci. Bull., Series C*, 73(4).
- Prante, J. L., Ruskowitz, J. A., Childress, A. E., & Achilli, A. (2014). RO-PRO desalination: an integrated low-energy approach to seawater desalination. *Applied Energy*, 120, 104-114.
- Presidente della Repubblica (2011). Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE - Decreto legislativo n. 28 del 2011.
- PRG del Comune di Palermo (2002), Tav. P2a - Approvata con D.Dir 558 e 124/DRU/02 dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia.
- Programma Operativo Interregionale (2010). *Studio di fattibilità, Comprensorio Madonie, Progetto Green Communities, Elementi per la valutazione dell'area Comprensorio Madonie*. Regioni Obiettivo Convergenza
- Puentes, R., & Tomer, A. (2014). Getting Smarter About Smart Cities. *Brookings Institution/Esade*, 2
- Rae, C., & Bradley, F. (2012). Energy autonomy in sustainable communities—A review of key issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(9), 6497-6506.
- Raji, B., Tenpierik, M. J., & van den Dobbelsteen, A. (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 610-623.
- Ramponi, R., Angelotti, A., & Blocken, B. (2014). Energy saving potential of night ventilation: sensitivity to pressure coefficients for different European climates. *Applied Energy*, 123, 185-195.
- Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and buildings*, 37(7), 762-776
- Regione Siciliana (2010). Decreto n. 18/Gab (Decreto attuativo, R.L n.6 del 23 marzo 2010): Caratteristiche tecnico costruttive per gli interventi di bioedilizia nei casi di demolizione e ricostruzione.

- Riahi, K., Grübler, A., & Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 887-935.
- Rifkin, Jeremy. (2001). *La rivoluzione della new economy. L'era dell'accesso*. Oscar Mondadori, Milano.
- Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Vaccaro V. (2015a). *Smart city: casi studio*. In Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino, R. & Vaccaro, V. Atlante delle smart city. Comunità intelligenti europee ed asiatiche (Vol. 170). FrancoAngeli, 87-210.
- Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino, R., Favuzza, S., & Vaccaro, V. (2014a). Near zero energy islands in the Mediterranean: supporting policies and local obstacles. *Energy policy*, 66, 592-602.
- Riva Sanseverino, Scaccianoce, G., Vaccaro, V., Carta, M., & Riva Sanseverino, R. (2015b). Smart Cities and Municipal Building Regulation for Energy Efficiency. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)*, 6(4), 56-82.
- Riva Sanseverino, E.; Riva Sanseverino, R. & Vaccaro, V. (2014b). *Atlante delle smart city. Modelli di sviluppo sostenibili per città e territori*. FrancoAngeli.
- Rodrigues, C. R. B. S., Almeida, P. S., Soares, G. M., Jorge, J. M., Pinto, D. P., & Braga, H. A. (2011, June). An experimental comparison between different technologies arising for public lighting: LED luminaires replacing high pressure sodium lamps. In *Industrial Electronics (ISIE), 2011 IEEE International Symposium on* (pp. 141-146). IEEE.
- Rodríguez-Soria, B., Domínguez-Hernández, J., Pérez-Bella, J. M., & del Coz-Díaz, J. J. (2014). Review of international regulations governing the thermal insulation requirements of residential buildings and the harmonization of envelope energy loss. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 78-90.
- Rooth, R., Weitzmann, P., Boerakker, Y. & Uitzinger, J. (2013). Energy-efficient neighborhood development in *Apeldoorn (NL) and Hillerød (DK)*, implementation and results in *ECEEE SUMMER STUDY proceedings 2013*.
- Rossi, M. & Musante, F (2010). *Contributo alla definizione delle specifiche di sviluppo del software per progettazione illuminotecnica mirata all'efficienza energetica*. ENEA – Ricerca di Sistema Elettrico, p. 22.
- Roy R. (2000). Sustainable product-service systems. *Futures*, 32(3), 289-299
- Saguan, M. (2009). Smart Metering: Summary and Conclusions. *Florence School of Regulation Report on Proceedings*
- Sailor, D. J. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and buildings*, 40(8), 1466-1478.
- Salat, S. (2009). Energy loads, CO<sub>2</sub> emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behaviour. *Building Research & Information*, 37(5-6), 598-609
- Salzano, E. (1998). *Fondamenti di urbanistica: la storia e la norma*. Rome/Bari: Laterza.
- Santamouris M. (2001). Energy and climate in the urban built environment. London: Earthscan; 2001. p. 420.

- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—a review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224-240.
- Santamouris, M., & Kolokotsa, D. (2013). Passive cooling dissipation techniques for buildings and other structures: The state of the art. *Energy and Buildings*, 57, 74-94.
- Santelli F. (2014), Sharing mobility: quando la mobilità diventa più sostenibile. On line in <http://www.lbs.luiss.it>
- Santin, O. G., Itard, L., & Visscher, H. (2009). The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Energy and Buildings*, 41(11), 1223-1232.
- Schaffers H., Komminos N., Pallot M., Trousse B., Nilsson M., Oliveira, A. (2011). Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation. *Future Internet Assembly*, 6656, 431-446.
- Schipany M. (2013). *And he saw that it was smart - interview with climate strategist Boyd Cohen*, on line in <https://www.wien.gv.at/english/transportation-urbanplanning/interview-boyd-cohen.html>
- Serghides, D. K., & Georgakis, C. G. (2012). The building envelope of Mediterranean houses: Optimization of mass and insulation. *Journal of Building Physics*, 36(1), 83-98.
- Shapiro, J. M. (2006). Smart cities: quality of life, productivity, and the growth effects of human capital. *The review of economics and statistics*, 88(2), 324
- Siemens - Cittalia (2012). *Efficientcities*. In: [http://w5.siemens.com/italy/web/citta\\_sostenibili/](http://w5.siemens.com/italy/web/citta_sostenibili/)
- Singh, A., Baredar, P., & Gupta, B. (2015). Computational Simulation & Optimization of a Solar, Fuel Cell and Biomass Hybrid Energy System Using HOMER Pro Software. *Procedia Engineering*, 127, 743-750.
- Smart Cities & Communities (2013). Key Messages for the High-Level Group from the Smart Cities Stakeholder Platform Roadmap Group. Disponibile online in: [http://eusmartcities.eu/sites/all/files/Final%20key%20messages%20to%20HLG%20from%20Stakeholder%20Platform\\_FINAL.pdf](http://eusmartcities.eu/sites/all/files/Final%20key%20messages%20to%20HLG%20from%20Stakeholder%20Platform_FINAL.pdf).
- Stankovic, B., Kostic, A., & Popovic, M. J. (2014). Analysis and comparison of lighting design criteria in green building certification systems-Guidelines for application in Serbian building practice. *Energy for Sustainable Development*, 19, 56-65
- Stazi, F., Marinelli, S., Di Perna, C., & Munafò, P. (2014). Comparison on solar shadings: Monitoring of the thermo-physical behaviour, assessment of the energy saving, thermal comfort, natural lighting and environmental impact. *Solar Energy*, 105, 512-528.
- Stergiopoulos, G., Kotzanikolaou, P., Theocharidou, M., Lykou, G., & Gritzalis, D. (2016). Time-based critical infrastructure dependency analysis for large-scale and cross-sectoral failures. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 12, 46-60.
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(8), 1819-1835.



- Tedesco, M., Brauns, E., Cipollina, A., Micale, G., Modica, P., Russo, G., & Helsen, J. (2015). Reverse electro dialysis with saline waters and concentrated brines: A laboratory investigation towards technology scale-up. *Journal of Membrane Science*, 492, 9-20.
- Tedesco, M., Scalici, C., Vaccari, D., Cipollina, A., Tamburini, A., & Micale, G. (2016). Performance of the first reverse electro dialysis pilot plant for power production from saline waters and concentrated brines. *Journal of Membrane Science*, 500, 33-45.
- Thomas, D., Miller, C., Kämpf, J., & Schlueter, A. (2014). Multiscale co-simulation of EnergyPlus and CitySim models derived from a building information model. In *Bausim 2014: Fifth German-Austrian IBPSA Conference*.
- Tronchin, L., & Fabbri, K. (2010). A Round Robin Test for buildings energy performance in Italy. *Energy and Buildings*, 42(10), 1862-1877.
- Tselepis, S. (2010, July). Greek experience with microgrids: Results from the Gaidouromantra site, Kythnos island. In *Vancouver 2010 Symposium on Microgrids* (Vol. 22).
- Ueno, T., Sano, F., Saeki, O., & Tsuji, K. (2006). Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data. *Applied Energy*, 83(2), 166-183.
- UN DESA (2010). World urbanization prospects: the 2009 revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, New York.
- UNCEN (2012). Analisi energetica dell'area delle Madonie, Report Marzo 2012, Caire Urbanistica
- UNI 10349-1: 2016 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata. UNI/TR 10349-2:2016 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto.
- UNI 10351:1994. Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore
- UNI 5364: 1976 Impianti di riscaldamento ad acqua calda - Regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo.
- UNI EN 15251:2008. Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.
- UNI EN ISO 10077-1:2002. Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.
- UNI EN ISO 13786:2008: Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche. (2008).
- UNI/TS 11300-1: 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI/TS 11300-2: 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la

- climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali
- UNI/TS 11300-3: 2010 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI/TS 11300-4: 2012 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI/TS 11300-5: 2016 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili
- UNI/TS 11300-6: 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili
- Unione Europea (2011). *POI - Energie rinnovabili e risparmio energetico 2007*. In: [www.invitalia.it/site/new/home/cosa...le.../documento19005894.html](http://www.invitalia.it/site/new/home/cosa...le.../documento19005894.html)
- United Nations (2013). *State of the world's cities 2012/2013 - prosperity of cities*. Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 10-24.
- United Nations Environment Programme (2015) .*Why buildings 2015*. In: <http://www.unep.org/sbci/AboutSBCI/Background.asp>).
- Vaccaro, V. (2014). *The urban and environmental building code as implementation tool*. In: Riva Sanseverino, E., Riva Sanseverino, R., Vaccaro, V., Zizzo, G. (Eds.) *Smart Rules for Smart Cities* (pp. 59-85). Springer International Publishing.
- Van Gerwen, R., Jaarsma, S., & Wilhite, R. (2006). Smart metering. *Leonardo-energy.org*, 9.
- Van Staden M. & Musco F. (2010). *Advances in global change research 39 – Local governments and Climate Change, Sustainable Energy Planning and Implementation in Small and Medium Sized Communities*, Springer.
- Vanolo, A. (2013). *Smart mentality: The smart city as disciplinary strategy*. *Urban Studies*, 0042098013494427.
- Varga, M., Bangens, L., Cavellius, R., Davison, J. M., Garcia, F. A., Isaksson, C., Laia, C., Leutgöb, K., Lopes, C., Nicol, F., Pagliano, L., Perednis, E. & Read G.E.F. (2007). *Service Buildings Keep Cool: Promotion of sustainable cooling in the service building sector* (Final Rep.). Vienna, Austria: Austrian Energy Agency.
- Variante Generale al PRG del Comune di Palermo (2004), Interventi sugli immobili classificati come “Netto Storico”, Tav. P2b - Adeguati ai D.Dir.558 e 124/DRU/02 di approvazione, delibera del 7/2004.
- Vermande, H. M., & Van der Heijden, J. (2011). The lead market initiative and sustainable construction: lot 1 screening of national building regulations. *PRC Bouwcentrum International*.
- Washburn D. & Sindhu U (2010). *Helping CIOs understand 'smart city' initiatives - defining the smart city, its drivers and the role of the CIO*. Cambridge, MA: Forrester Research, Inc., p.2. Report on line in <https://www.forrester.com/report/Helping+CIOs+Understand+Smart+City+Initiatives/-/E-RES55590>
- Wilbanks, T., Fernandez, S., Backus, G., Garcia, P., Jonietz, K., Kirshen, P. & Allen, M. (2012). *Climate change and infrastructure, urban systems* (p. 118).

- and vulnerabilities. Technical Report for the US Department of Energy in Support of the National Climate Assessment.
- Winkelmann, F.C.; Birdsall, B.E.; Buhl, W.F.; Ellington, K.L.; Erdem, A.E. ; Hirsch, J.J.; Gates, S. (1993). *DOE-2 Supplement, Version 2.1E*, LBL-34947, Lawrence Berkeley National Laboratory, National Technical Information Service, Virginia, Springfield, November 1993.
- Wood, G., & Newborough, M. (2003). Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design. *Energy and Buildings*, 35(8), 821-841.
- Yamaguchi, Y., Shimoda, Y., & Mizuno, M. (2007). Transition to a sustainable urban energy system from a long-term perspective: case study in a Japanese business district. *Energy and Buildings*, 39(1), 1-12.
- Zangheri, P., Pagliano, L., & Carlucci, S. (2009). Passive house optimization for Southern Italy based on the “New Passivhaus Standard”. *ECEEE Summer Study: act*, 1643-1648.
- Zhao, M., Künzle, H. M., & Antretter, F. (2015). Parameters influencing the energy performance of residential buildings in different Chinese climate zones. *Energy and Buildings*, 96, 64-75.
- Zhou, G., & He, J. (2015). Thermal performance of a radiant floor heating system with different heat storage materials and heating pipes. *Applied Energy*, 138, 648-660.
- Zhou, L., Xu, F. Y., & Ma, Y. N. (2010, July). Impact of smart metering on energy efficiency. In *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2010 International Conference on* (Vol. 6, pp. 3213-3218). IEEE.