

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA**

Tesi di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Energetica

**IL PATTO DEI SINDACI: ANALISI DELLE INIZIATIVE PIÙ EFFICACI PER LA  
RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA**

**THE COVENANT OF MAYORS: ANALYSIS OF THE MOST EFFECTIVE  
INITIATIVES FOR THE REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS**

**Relatore: Prof. Arturo Lorenzoni**

**Laureando: Francesco Nardelli**

**Anno Accademico 2016-17**

## Sommario

Cap. 1: Abstract .....	4
Cap. 2: Introduzione .....	4
Cap. 3: Descrizione dell'iniziativa del Patto dei Sindaci .....	9
3.1 Descrizione dell'iniziativa: .....	9
3.2 Processo di adesione al Patto:.....	12
3.3 Il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima:.....	13
3.4 Monitoraggio delle iniziative: .....	17
3.5 Iniziative ricorrenti e ambiti d'intervento delle amministrazioni:.....	19
Cap. 4: Confronto delle iniziative più efficaci .....	27
4.1 Metodologia utilizzata .....	27
4.2 Criticità riscontrate .....	28
Cap. 5: Iniziative su gestione e efficienza energetica nell'ambito dell'edilizia e delle risorse pubbliche o private.....	30
5.1 Introduzione .....	30
5.2 Iniziative di riqualificazione e efficientamento energetico degli edifici: censimento energetico e approccio "standard" (incentivi ai privati) .....	31
5.3 Iniziative in compartecipazione fra Amministrazione e privati .....	33
5.4 Approccio tramite imprese ESCO .....	37
5.5 Tassa sulle emissioni residenziali: Carbon offset scheme .....	39
5.6 Azione diretta dell'Amministrazione comunale: riqualificazione di edilizia popolare .....	41
5.7 Rinnovamento degli impianti negli edifici .....	43
5.8 Incentivi all'efficienza energetica nell'ambito dei processi industriali.....	44
5.9 Efficientamento dell'illuminazione pubblica .....	48
5.10 Efficientamento in altri settori: incentivi all'acquisto di prodotti più efficienti .....	49
5.11 Conclusioni .....	50
Cap. 6: Iniziative di generazione e distribuzione di energia locali.....	53
6.1 Introduzione .....	53
6.2 Raccolta dati e mappatura richiesta e disponibilità di energia .....	53
6.3 Generazione di energia locale tramite impianti cogenerativi: costruzione ex-novo .....	55
6.4 Generazione di energia locale tramite impianti cogenerativi: Miglioramento ed efficientamento impianti esistenti .....	59
6.5 Generazione di energia da rifiuti: Utilizzo biogas da rifiuti urbani.....	62
6.6 Generazione di energia da rifiuti: incenerimento dei rifiuti.....	64
6.7 Costruzione rete di teleriscaldamento con cogenerazione distribuita .....	65
6.8 Sfruttamento di fonti rinnovabili: costruzione parco eolico .....	69

6.9 Sfruttamento di fonti rinnovabili: costruzione impianto idroelettrico: .....	70
6.10 Sfruttamento energia solare: Installazione di pannelli fotovoltaici da parte dell'Amministrazione ..	72
6.11 Installazione diretta da parte dell'amministrazione di pannelli solari termici.....	74
6.12 Conclusioni .....	75
Cap. 7: Iniziative riguardanti i trasporti.....	78
7.1 Introduzione .....	78
7.2 Tasse sul traffico .....	78
7.3 Incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico: gratuità del trasporto pubblico .....	83
7.4 Incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico: aumento dell'offerta di trasporto pubblico .....	85
7.5 Mobilità elettrica nel trasporto pubblico .....	87
7.6 Mobilità a carburanti ecologici nel settore pubblico .....	88
7.7 Bike sharing .....	89
7.8 Conclusioni .....	94
Cap. 8: Criticità generali di implementazione e monitoraggio delle iniziative.....	96
Cap. 9: Conclusioni generali .....	98
Cap. 10: Bibliografia.....	100
Cap. 2, Testi e documenti relativi:.....	100
Cap. 3, Testi e documenti relativi:.....	100
Cap. 5, Testi e documenti relativi:.....	101
Cap. 6, Testi e documenti relativi:.....	102
Cap. 7, Testi e documenti relativi:.....	103
Sitografia:.....	104

## Cap. 1: Abstract

Le iniziative per affrontare il cambiamento climatico sono numerose e di vario tipo nell'Unione Europea. Molto interessante in particolare è l'iniziativa del Patto dei Sindaci, che prevede che ogni amministrazione locale si dia degli obiettivi vincolanti di riduzione delle proprie emissioni di gas serra per il 2020. In questo elaborato si andrà a descrivere l'iniziativa in sé e il processo necessario per aderirvi. Verranno poi prese in esame le iniziative più interessanti nei vari settori d'azione. Ne saranno discussi gli approcci, i metodi d'implementazione, i risultati e il rapporto costi-benefici delle stesse. Infine, si trarranno delle conclusioni di tipo pratico sui settori e sulle iniziative analizzate.

## Cap. 2: Introduzione

La capacità di sfruttare sempre più e sempre meglio l'energia nelle sue varie forme ha permesso all'umanità di fare passi da gigante, sia dal punto di vista del progresso tecnologico che economico e demografico. A oggi, si è avuto un rapidissimo aumento sia della popolazione mondiale che dei consumi energetici in tutto il mondo:

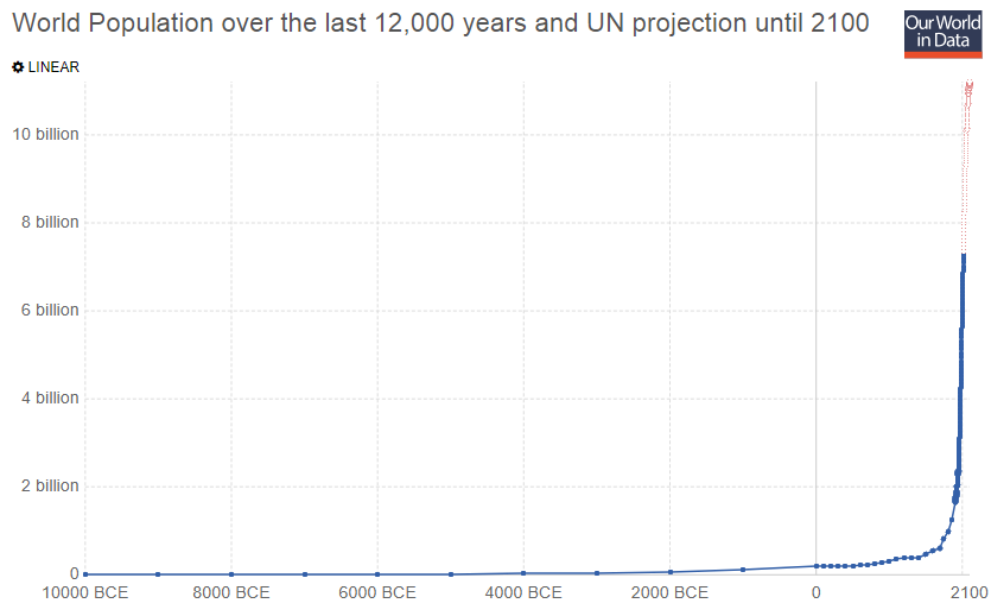


Figura 1, Andamento della popolazione mondiale.

Fonte: "World Population Growth", di Max Roser e Esteban Ortiz-Ortina; articolo on-line reperibile al link:

<https://ourworldindata.org/world-population-growth/>

In parallelo ad un aumento esponenziale della popolazione c'è stato chiaramente un aumento altrettanto rapido dei consumi globali di energia, come mostrato di seguito:

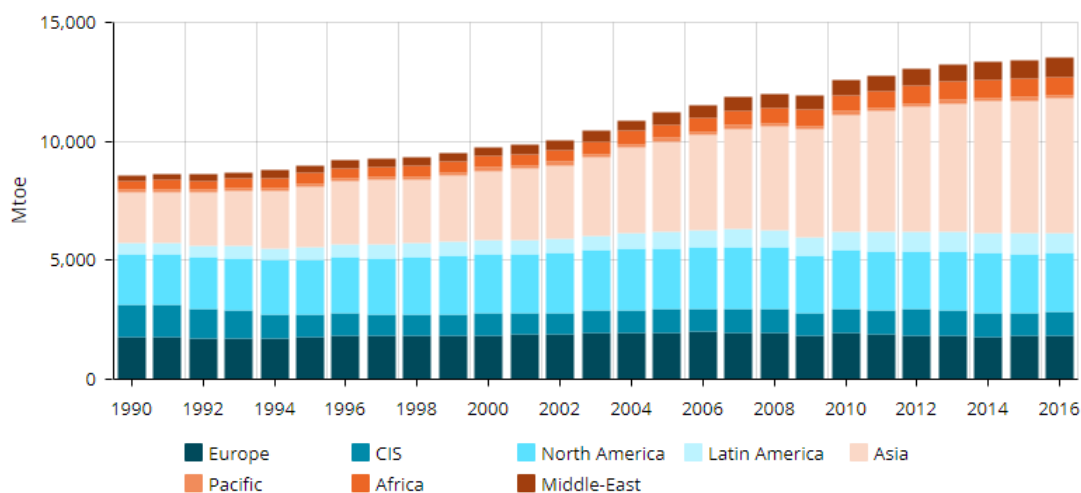


Figura 2, Consumi di energia al mondo 1990-2016.

Fonte: Enerdata, presso <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

Si vede dal grafico come in soli 26 anni i consumi mondiali di energia siano aumentati di quasi il 60%. Poiché a oggi nel mondo ancora i tre quarti di tutta l'energia prodotta viene fornita da fonti fossili, è chiaro come le emissioni di CO2 e gas serra in generale siano cresciute pure in modo estremamente veloce:

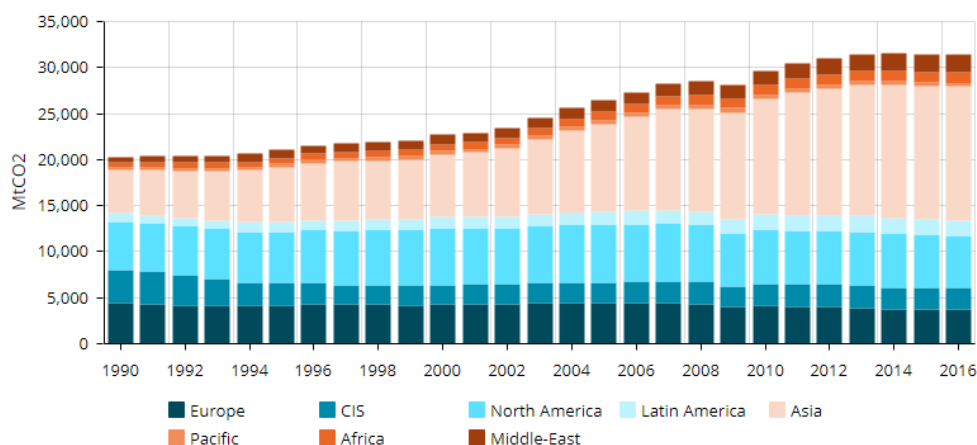


Figura 3, Emissioni di CO2 nel mondo, 1990-2016.

Fonte: Enerdata, presso <https://yearbook.enerdata.net/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html>

Questo aumento così rapido pone delle sfide nuove, prima fra tutti il cambiamento climatico antropico. Il cambiamento climatico, dovuto alle emissioni inquinanti antropiche, e le sue possibili catastrofiche conseguenze sono ormai più che certificate dalla comunità scientifica e (purtroppo) ormai anche da recenti fatti di cronaca. Dati i suoi devastanti effetti, tutta la comunità mondiale si sta impegnando per cercare di ridurre tale cambiamento e contenerne gli effetti. Tutto il mondo si è dato obiettivi vincolanti relativi al clima, ad esempio tramite il protocollo di Kyoto nel 1997, che per primo metteva in luce la necessità di ridurre le emissioni da parte delle nazioni industrializzate, fissando come obiettivo una riduzione del 5% di tutte le emissioni di gas serra con riferimento all'anno 1985 entro il 2012. Altro accordo fondamentale in materia sono gli accordi di Parigi nel 2015, che definiscono il riscaldamento globale una "minaccia urgente e potenzialmente irreversibile per le società umane e per il pianeta"<sup>1</sup>, che danno dei vincoli ancora più stringenti in materia. Ad esempio, si impone di limitare l'aumento della temperatura globale entro 1,5 °C in questo secolo, il che richiede un calo delle emissioni a partire dal 2020; per verificare il rispetto degli

<sup>1</sup> ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT, 2015, United Nations Framework Convention on Climate Change

obiettivi sono istituiti inoltre dei controlli a cadenza quinquennale su ogni nazione firmataria. L'accordo di Parigi inoltre certifica l'importanza degli sforzi degli amministratori locali contro il cambiamento climatico, e li sprona ad unirsi per rendere più efficaci i loro sforzi. Al netto delle critiche di cui tali accordi sono stati oggetto, si può comunque affermare che questo tema sia diventato ormai di importanza capitale per ogni governo e entità sovranazionale. In Europa, l'Unione Europea non è da meno, e ha previsto una serie di obiettivi esterni agli accordi climatici già presi a livello mondiale, atti a ridurre sempre più le emissioni e a rendere l'UE all'avanguardia dal punto di vista della green economy e dello sviluppo di tecnologie sempre meno inquinanti. L'UE si è data tre scadenze fondamentali, definite rispettivamente: "Pacchetto 2020", "Pacchetto 2030", "Pacchetto 2050". Nel dettaglio:

- Il pacchetto 2020 stabilisce i seguenti obiettivi:
  - 1) Riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990
  - 2) 20% dell'energia consumata in UE sia prodotta da fonti rinnovabili
  - 3) Miglioramento del 20% dell'efficienza energetica.
- Il pacchetto 2030 definisce i seguenti obiettivi:
  - 1) Riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990
  - 2) Almeno il 27% dell'energia consumata in UE prodotta da fonti rinnovabili
  - 3) Miglioramento del 27% dell'efficienza energetica
- Il pacchetto 2050 pone il traguardo più ambizioso ovvero un taglio dell'80% delle emissioni rispetto al 1990 e una cosiddetta "low-carbon economy" implementata in ogni paese dell'Unione

Va detto inoltre che ogni nazione facente parte dell'Unione Europea si è fissata degli obiettivi a sé stanti di riduzione delle emissioni, che possono essere anche superiori rispetto a quelli dati dalla UE.

Per raggiungere tali obiettivi, risulta chiaro come ogni settore economico debba contribuire alla riduzione. In grafico di seguito un possibile andamento delle emissioni divise per settore:

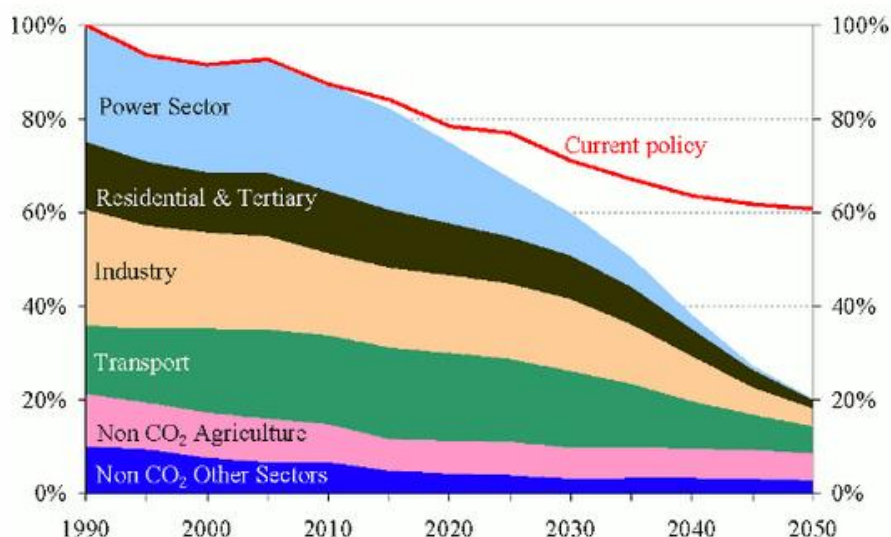


Figura 4, possibile taglio dell'80% delle emissioni in UE (1990=100%).

Fonte: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en#tab-0-0)

È chiaro dal grafico sovrastante come una così forte riduzione delle emissioni sia un target molto ambizioso, e che richieda maggiori sforzi di quelli attualmente in atto. Fra i settori presenti nel grafico, fondamentali sono i miglioramenti nel settore residenziale e del terziario, nonché in quello dei trasporti. Questi settori sono inoltre strettamente collegati alle grandi città e alle loro emissioni di gas serra. In aggiunta a questo, anche il settore della generazione energetica è estremamente importante, data la notevole quantità di energia che viene consumata nelle grandi città per offrire i vari servizi ai propri cittadini. Da tale settore inoltre ci si aspetta i maggiori risultati, contando di arrivare ad avere una generazione di energia totalmente carbon-free al 2050. Si può osservare quindi quanto ampio sia il ventaglio di ambiti in cui intervenire e di conseguenza

intuire che vi possano essere numerose misure da poter attuare per ridurre le emissioni di gas serra in tali settori. Una riduzione così elevata non può che passare attraverso una riduzione ed un controllo delle emissioni da parte dei grandi centri urbani.

La popolazione, sia nelle nazioni sviluppate che in quelle in via di sviluppo, tende a concentrarsi sempre più nelle grandi città. Il cosiddetto fenomeno dell'urbanizzazione, nato con la prima rivoluzione industriale, porta dei nuovi problemi da dover fronteggiare. La crescita di questo fenomeno è molto rapida, come si può vedere da questo grafico:

**Urban and rural population of the world, 1950–2050**

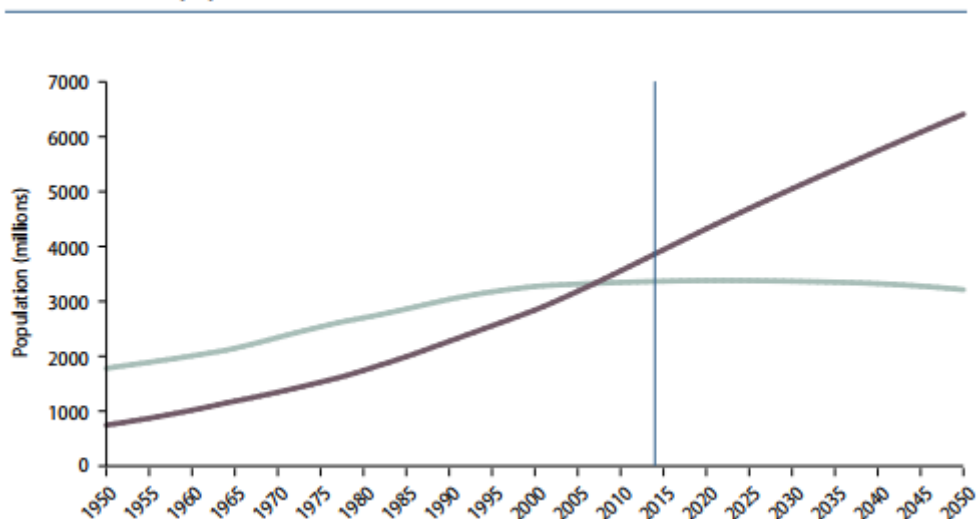


Figura 5, Crescita della popolazione urbanizzata (linea viola) e di quella rurale (linea azzurra) mondiale.

Fonte: World urbanization Prospects, reperibile al link:

<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>

Si nota come tutte le aree urbane nel mondo siano cresciute; sia un numero che in popolazione. In Europa le percentuali di popolazione urbanizzata variano fra le varie nazioni, ma sono generalmente elevate, come si può vedere di seguito:

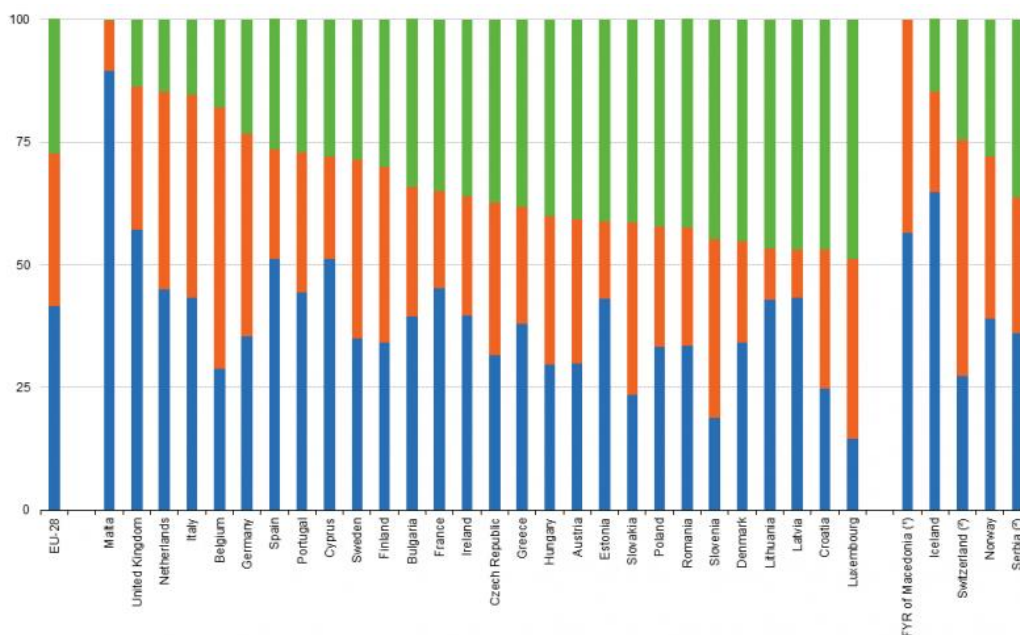


Figura 6, Popolazione urbanizzata in Europa; fonte: Eurostat; presso il link: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Distribution\\_of\\_population,\\_by\\_degree\\_of\\_urbanisation,\\_2014\\_\(%25\\_of\\_total\\_population\)\\_Cities16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Distribution_of_population,_by_degree_of_urbanisation,_2014_(%25_of_total_population)_Cities16.png)

Questa crescita rapida ha posto gli amministratori di tali centri di fronte a nuove e spesso impreviste sfide. Una delle più importanti e più recenti è senza dubbio quella legata all'inquinamento nelle grandi città; al come affrontarlo e ridurlo. La riduzione dell'inquinamento e delle emissioni nelle grandi città è un tema che sta prendendo sempre più piede, grazie all'opera di sensibilizzazione dell'opinione pubblica su temi quale il surriscaldamento climatico, l'effetto serra, le emissioni di CO2 ecc. Ridurre l'inquinamento e le emissioni generate dalle grandi città è inoltre un punto cruciale, per ogni nazione europea, per raggiungere gli obbiettivi concordati con l'UE al 2020. Il direttore esecutivo dell'Ufficio per lo studio sugli insediamenti umani delle nazioni unite ha affermato che "le città sono responsabili per l'80% delle emissioni di gas serra"<sup>2</sup>. È evidente come sia fondamentale intervenire su quest'aspetto, per avere risultati efficaci anche a livello globale sulla riduzione dei livelli d'inquinamento. A questo scopo sono nate una serie di iniziative, rivolte soprattutto agli amministratori locali dei centri urbani, per sensibilizzarli su questo tema e spingerli ad agire attivamente con provvedimenti rivolti alla riduzione dell'inquinamento o all'efficientamento dell'esistente. La più importante di tale iniziative è il Patto dei Sindaci ("The Covenant of Mayors"), avviato nel 2008 dalla Comunità Europea e che ha avuto e sta avendo molto seguito in Europa, con un successo particolare in Italia.

---

<sup>2</sup> "City planning will determine the pace of global warming" articolo dell'ONU reperibile presso il link <http://www.un.org/press/en/2007/gaef3190.doc.htm>



## Cap. 3: Descrizione dell'iniziativa del Patto dei Sindaci

### 3.1 Descrizione dell'iniziativa:

Il Patto dei Sindaci è un accordo firmato volontariamente fra una serie di entità pubbliche locali, principalmente comuni (e firmato perciò dal sindaco), ma anche regioni, società pubbliche, altre eventuali enti statali intermedi (le Province nel caso italiano). Lo scopo principale di questo accordo è l'impegno dei firmatari nel ridurre le emissioni inquinanti di una quota pari o superiore a quella data dalla UE nell'ambito del progetto Europa 2020, ossia raggiungere una riduzione superiore al 20% di emissioni di CO<sub>2</sub>. Tutti gli aderenti al patto condividono la visione di un territorio sempre più decarbonizzato e concordano con la necessità di garantire la possibilità a tutti i cittadini di accedere ad un'energia pulita, sicura e sostenibile. L'impegno dei sindaci è di una riduzione di almeno il 20% delle emissioni di CO<sub>2</sub> per il 2020; di rendere il territorio e le sue infrastrutture capaci di adattarsi agli inevitabili cambiamenti climatici (la cosiddetta "resilienza climatica"), e soprattutto di condividere le iniziative prese e i risultati raggiunti con tutti gli altri firmatari, in modo da creare una comunità unita che confrontandosi sulle iniziative e condividendone i risultati possa raggiungere gli obiettivi prefissati. Tutti gli aderenti al patto infatti si impegnano a monitorare e comunicare i progressi nell'attuazione del patto ogni due anni. Tale iniziativa è stata lanciata dalla Comunità Europea nel 2008, al fine di introdurre uno strumento per rendere più vicine al territorio le iniziative intraprese con lo scopo di contrastare il cambiamento climatico. Recentemente è stato istituito un board direttivo dell'iniziativa, composto da 7 membri, che ha il compito di sovrintendere all'intera iniziativa e di discuterne gli obiettivi e le strategie.

L'Unione Europea ha inoltre fornito delle linee guida e una procedura precisa per entrare a far parte di tale patto. Il contributo delle città e delle amministrazioni locali è di fondamentale importanza per il raggiungimento degli obiettivi generali del 2020. È stato stimato infatti che le riduzioni di emissioni derivanti dal patto dei sindaci potrebbero costituire circa il 31%<sup>3</sup> della totale diminuzione di emissioni di CO<sub>2</sub> che una nazione europea deve mettere in atto entro il 2020.

Risulta a oggi firmato dai sindaci di oltre 400 città europee, e da oltre 4000 primi cittadini di tutta Europa, arrivando a comprendere oltre 230 milioni di cittadini europei, ossia circa la metà della complessiva popolazione continentale. Inoltre, è stato ratificato da pressoché tutti i primi cittadini delle capitali europee e delle città più importanti, evidente prova del successo riscosso dall'iniziativa; nonché della sensibilità di tutte le opinioni pubbliche sul tema.

---

<sup>3</sup> "Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emission achievements and projects", European Commission, 2016, pag.27



Figura 7, Firmatari del patto dei sindaci in Europa; fonte: Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emissions Achievements and Projections

In figura è possibile vedere come siano distribuiti i firmatari di questo patto.

In Italia l’iniziativa ha avuto un successo notevole, poiché la penisola risulta essere il paese avente il maggior numero di sindaci firmatari, oltre 2000. Va detto che l’Italia ha un numero così elevato di firmatari a causa dell’alto numero di comuni di piccole e piccolissime dimensioni; infatti il 70% dei comuni italiani ha meno di 5000 abitanti<sup>4</sup>. È chiaro come tale dato faccia impennare il numero dei sindaci e quindi dei possibili firmatari. La maggioranza dei primi cittadini che si sono impegnati nel patto è nel nord Italia, e in particolare nella regione Lombardia. Non mancano però casi virtuosi anche in altre aree geografiche, ad esempio tutti i sindaci dei paesi dell’Abruzzo risultano firmatari. Di seguito un grafico che mostra la percentuale di municipalità firmatarie del patto per regione italiana sul totale dei comuni presenti in quella stessa regione:

<sup>4</sup> Statistica presente presso: <http://www.comuniverso.it/index.cfm?menu=590>

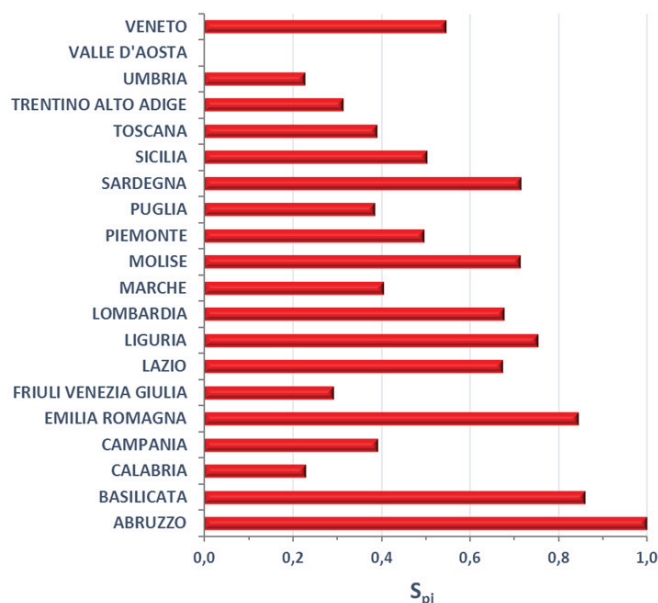


Figura 8, Percentuale comuni firmatari del patto dei sindaci per regione; fonte: "Analysis of the Covenant of Mayors initiative in Sicily", Fabio Famoso, Rosario Lanzafame, Pietro Monforte, Pier Francesco Scandura; 2015, Energy Procedia, pp 482-492

Ove in ascissa si ha il parametro  $S_{pi} = \frac{\text{popolazione delle municipalit\`a regionali firmatarie del patto}}{\text{popolazione totale della regione}}$ . Si osserva come la percentuale di comuni firmatari sia molto elevata in quasi tutte le regioni d'Italia, a conferma del successo dell'iniziativa. L'iniziativa ha avuto grande successo anche in Spagna, Portogallo e Belgio, con numerosi primi cittadini aderenti. Un altro grande risultato del patto dei sindaci \`e stato la capacit\`a di coinvolgere moltissime realt\`a urbane di piccola-media grandezza, che vanno corresponsabilizzate nella riduzione delle emissioni. Si pu\`o vedere di seguito la distribuzione di popolazione e firmatari:

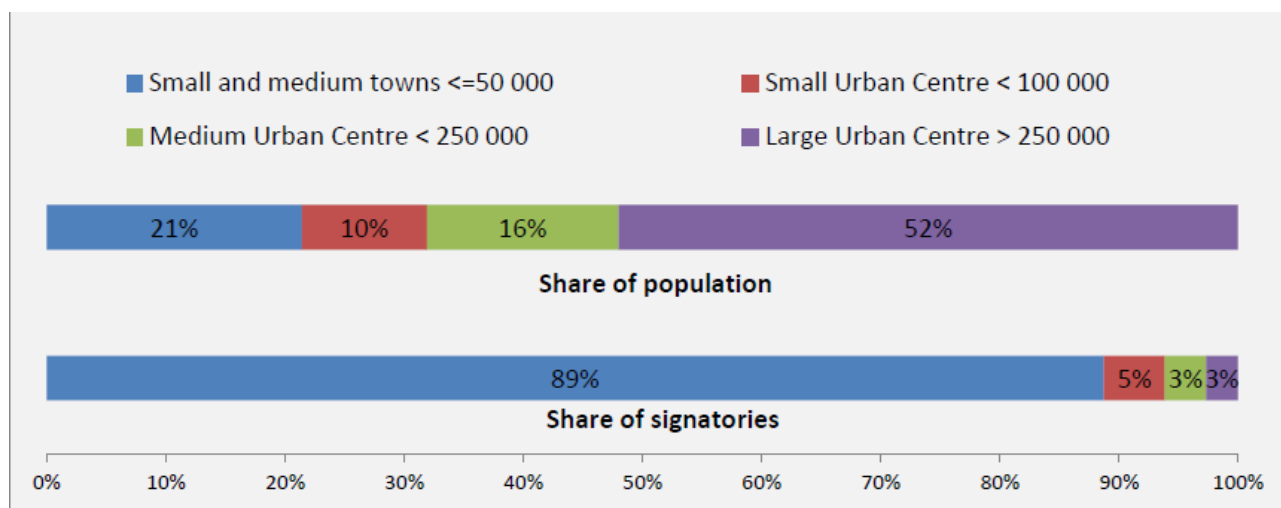


Figura 9, Distribuzione di popolazione e firmatari del patto dei sindaci per tipologia di citt\`a. Fonte: Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emission achievements and projects

Risulta chiaro dal grafico come la stragrande maggioranza dei sindaci firmatari sia responsabile di piccoli centri urbani, che necessitano di essere coinvolti nelle iniziative di lotta al cambiamento climatico con un progetto capillare quale questo. I centri urbani di grandi dimensioni raccolgono il 52% dell'intera popolazione pur essendo solo il 3% delle totali firme. L'esempio pi\`u semplice in materia \`e quello di Londra, che con i suoi 7,8 milioni di abitanti costituisce da sola il 3,7% di tutta la popolazione che \`e inclusa nel patto dei sindaci, pur essendo una singola firmataria di tale patto.

Visto il successo dell’iniziativa, la Commissione Europea ha deciso di rafforzarla e migliorarla, lanciando nel 2015 il Patto dei sindaci per il Clima e per l’Energia. La differenza sostanziale è che gli aderenti a questo patto dei sindaci migliorato devono presentare anche strategie di adattamento al cambiamento climatico, oltre che azioni di mitigazione dello stesso. Inoltre, tale nuova iniziativa presenta una serie di obiettivi per il 2030, che consistono principalmente nella riduzione di almeno il 40% delle emissioni di CO2 rispetto al 1990, un adattamento costante al cambiamento climatico e di avere energia sempre sostenibile, sicura e a prezzi contenuti. Le città che hanno già aderito al Patto dei Sindaci possono riaffermare la loro aderenza al nuovo Patto dei Sindaci per il Clima e per l’Energia, aderendo ai nuovi obiettivi e standard richiesti.

### 3.2 Processo di adesione al Patto:

Per aderire al patto dei sindaci è necessario intraprendere un percorso in più passi, che può essere sintetizzato dalla seguente figura:

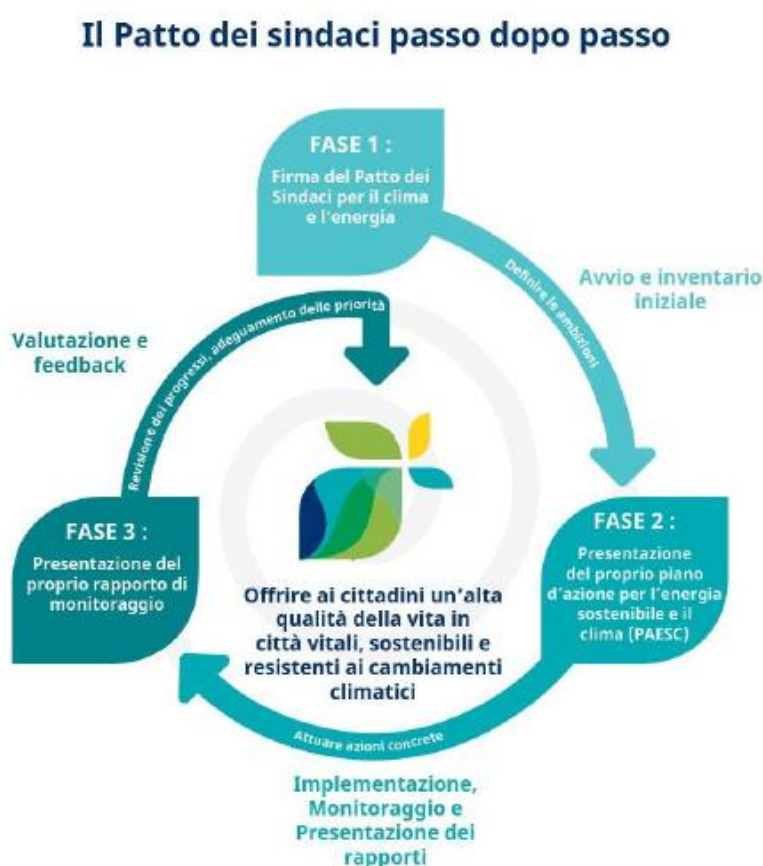


Figura 10, Passi di adesione al Patto dei Sindaci. Fonte: Linee guida del Patto dei Sindaci per il Clima e l’Energia per la presentazione dei rapporti di monitoraggio

Dopo l’adesione e la firma del Patto dei Sindaci, il passo successivo e fondamentale è quello della presentazione del proprio Piano d’Azione per l’Energia sostenibile e per il Clima (PAESC, o in inglese SECAP, “Sustainable Energy and Climate Action Plan”). Va specificato che il piano PAESC è proprio dei comuni aderenti al “nuovo” patto dei sindaci per il Clima e l’Energia; nel caso invece di primi cittadini firmatari del patto più “vecchio” è richiesta la presentazione di un Piano d’Azione per l’Energia Sostenibile (PAES, o SEAP in inglese). L’unica differenza è che nel PAESC è richiesto di presentare anche una strategia di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e non solo delle emissioni. Sarà perciò presentato questo, visto che è di fatto un miglioramento del PAES precedente; si tenga a mente comunque che moltissime città hanno

presentato solo un PAES senza la strategia di adattamento climatico in quanto aderenti alla vecchia versione dell'iniziativa.

### 3.3 Il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima:

Tale documento deve essere presentato entro due anni dalla ratifica dell'adesione al Patto dei Sindaci da parte del Consiglio Comunale (per l'Italia) o dell'organo decisionale equivalente (per i comuni esteri). Il PAESC è diviso in sei sezioni, ciascuna delle quali riferente ad uno specifico processo attuativo; nell'ordine:

- **Strategia:** Definizione dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. L'obiettivo può essere fissato sia in termini assoluti che di riduzione pro capite; l'utilizzo di obiettivi di riduzione pro-capite viene usato da città che hanno un costante e/o rapido aumento di popolazione, per cui è più complesso e poco significativo fissare un target di riduzione di tipo assoluto. Inoltre è essenziale definire l'anno di riferimento rispetto a cui si calcolerà la riduzione. L'anno consigliato è il 1990, oppure l'anno più vicino per il quale si disponga di dati il più completi possibile. Le statistiche mostrano come molti comuni in realtà abbiano scelto anni differenti, vista la difficoltà nel reperire dati affidabili riferiti al 1990. Gli anni preferiti dalle municipalità sono stati il 2005 e il 2007. Di conseguenza, fissare un anno di riferimento così recente impone un obiettivo di riduzioni più ambizioso, in quanto dal 1990 si sono già conseguiti dei miglioramenti. I comuni più grandi hanno potuto mettere il 1990 come anno di riferimento poiché essi avevano già iniziato ad implementare politiche di monitoraggio e controllo delle emissioni, a differenza delle municipalità più piccole, che hanno perciò dovuto procedere con la definizione delle strategie e la raccolta dati al momento dell'iscrizione al patto dei sindaci.

Di seguito le scelte degli anni di riferimento per i vari firmatari:

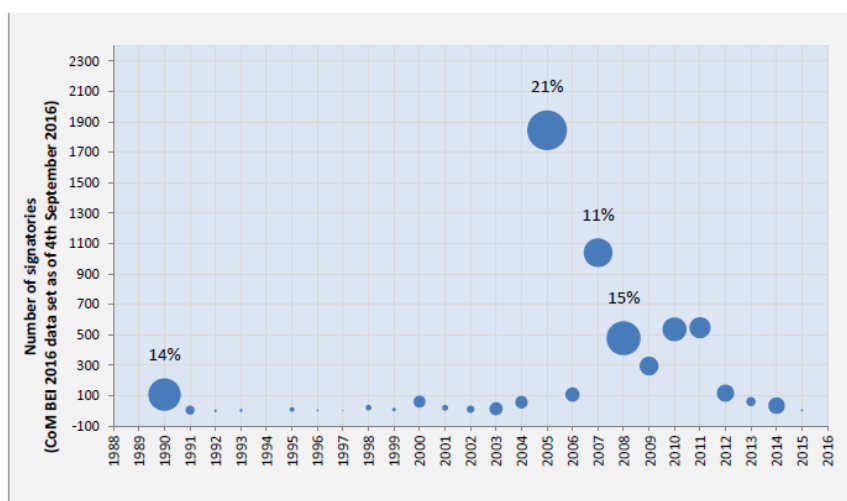


Figura 11, Anni di riferimento scelti per l'inventario delle emissioni e la strategia di riduzione e percentuale dei firmatari che hanno scelto tale anno. Fonte: Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emission achievements and projects

Una volta fatta la scelta, si procede con la definizione dei traguardi per l'adattamento al cambiamento climatico, l'assegnazione di risorse umane ed economiche e del coinvolgimento dei cittadini. Le risorse economiche vengono ripartite fra risorse proprie dell'amministrazione e risorse degli stakeholders (società private e/o pubbliche, organizzazioni), e va indicato l'arco temporale in cui queste risorse saranno impegnate. Si descrive inoltre come si intende attuare il processo di monitoraggio dei progressi delle iniziative (ad esempio tramite l'istituzione di un organismo ad hoc). Infine, si predispone una strategia d'intervento in caso di eventi climatici estremi (alluvioni, incendi, ondate di calore, ecc.).

- **Inventario delle Emissioni:** Definizione del consumo energetico finale del comune e delle conseguenti emissioni di CO<sub>2</sub>, divise per vettore energetico e settore nell'anno di riferimento. È caldamente consigliato che tale anno sia lo stesso rispetto a cui si va a definire la strategia d'intervento, per evitare difficoltà di interpretazione dei risultati. Altri dati importanti da indicare sono il numero di abitanti, tipo di unità di misura che si andrà a scegliere (se tonCO<sub>2</sub> o tonCO<sub>2</sub> equivalente, che integra le emissioni di altri gas serra), e eventuali note sul metodo. Infine si listano i risultati sul consumo finale di energia, sulla fornitura della stessa e sulle emissioni totali. Per il calcolo totale delle emissioni vengono forniti due approcci: il primo è quello cosiddetto standard, definito dall'IPCCC (International Panel Convention for Climate Change), che calcola le emissioni basandosi su dei fattori convenzionali definiti per ogni tipo di consumo di fonte di energia fossile. Ad esempio, viene fornito il fattore kgCO<sub>2</sub>/kWh generato dalla benzina e così via. Il secondo approccio è invece basato sulle emissioni calcolate per il totale ciclo di vita di un prodotto, o LCA (Life Cycle Assessment). Tale metodo è molto più esaustivo, ma anche decisamente più oneroso, in quanto richiede una notevole quantità di tempo, dati e risorse economiche per essere eseguito in modo completo. Di solito il primo approccio è il preferito, soprattutto dalle piccole-medie amministrazioni che non possono permettersi di investire le risorse richieste per calcolare gli LCA dei vari prodotti. I due diversi metodi di misurazione sono comparabili tramite un coefficiente di conversione pari a 0,885; proposto in uno studio su vari IBE dopo 5 anni dal lancio dell'iniziativa del Patto dei Sindaci<sup>5</sup>. Alla fine di questo procedimento si ottiene l'Inventario di Baseline delle Emissioni (IBE, o in inglese BEI: Baseline Emission Inventory)
- **Azioni di mitigazione:** Descrizione delle azioni che si ha intenzione di intraprendere per mitigare tali emissioni; con anche assegnazione di budget economico, attribuzione di responsabilità, previsione di tempistica e della riduzione. È importante includere anche degli scenari di confronto; di solito si usa lo scenario "Business as Usual" per analizzare come sarebbe il trend di emissioni se non si facesse alcuna azione riduttiva, e lo si confronta con uno scenario in cui invece si sono intraprese delle azioni di contrasto. Questo tipo di elaborazione è di tipo grafico e consente inoltre di vedere l'efficacia stimata delle iniziative, e di comprendere quali possano essere le più efficaci in termini di rapporti costi/benefici. Si stima l'impatto delle azioni nel proprio orizzonte temporale (2020 o 2030). Per ogni azione che si intende attuare, è utile dare stima di costo economico e efficacia della stessa. All'interno di questa sezione è inoltre possibile inserire gli esempi d'eccellenza; ossia le azioni di riduzione delle emissioni che hanno avuto particolare successo; tali iniziative devono obbligatoriamente essere già concluse o in svolgimento. Con esse si possono indicare i costi sostenuti, le riduzioni di emissioni ottenute e gli eventuali posti di lavoro creati. Inoltre, vengono suggerite delle formule per calcolare dati finanziari importanti su tali iniziative, quali il VAN, il Valore Attuale Netto del risparmio ottenuto e il tempo di ritorno dell'investimento iniziale.
- **Quadro di valutazione:** Per la comprensione dei settori ove le azioni e il ciclo di adattamento predisposto nel piano d'azione hanno avuto successo. In altre parole, il Quadro serve a fornire una fotografia sullo stato di avanzamento del processo di adattamento in cui è posta l'amministrazione locale, secondo una valutazione di questo tipo:

Status Scale	Status	Indicative Completion Level
D	Not started or getting started	0-25 %
C	Moving forward	25-50 %
B	Forging ahead	50-75 %
A	Taking the lead	75-100 %

Figura 12, Quadro di valutazione dei processi d'adattamento. Fonte: Linee guida del Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia per la presentazione dei rapporti di monitoraggio

<sup>5</sup> The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans; pag. 20

È un'autovalutazione, ogni amministrazione si darà quindi un voto in base a quanto ritiene completa ciascuna fase del processo.

- **Rischio e vulnerabilità:** Sezione dedicata alla valutazione del rischio climatico sul territorio, con valutazioni d'impatto e relative. Anche in questo caso, è necessario specificare l'anno in cui tale valutazione è stata fatta; inoltre è necessario precisare l'ambito territoriale su cui si va a valutare il rischio e il metodo utilizzato. Si danno indicazioni inoltre su pericoli climatici particolarmente rilevanti. Oltre alle valutazioni di rischio e vulnerabilità climatica, si indicano gli effetti potenziali che tali criticità possono portare nei vari settori (ad esempio: calo del turismo, rischio di carenza idrica, ecc.). Questa sezione è presente solo nei nuovi PAESC.
- **Azioni per l'adattamento:** Illustra le azioni intraprese per l'adattamento al cambiamento climatico nei vari settori, con indicazione di investitori (stakeholders) e costi. Le varie azioni vengono descritte in base ai settori d'intervento (es. nel settore dell'edilizia, un'azione di adattamento è il divieto di costruire in luoghi particolarmente a rischio alluvioni/frane). Anche questa sezione è presente solo nei nuovi PAESC.

In generale, tutte le informazioni e gli andamenti dei vari valori vengono mostrati in grafici, così da essere più facilmente intuibili. Un esempio è di seguito:

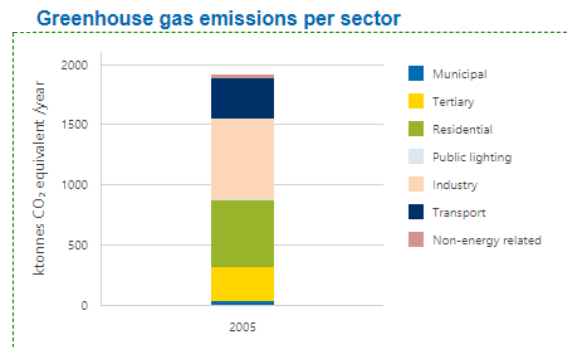


Figura 13, emissioni di gas serra per settore economico-amministrativo del Comune di Padova. Fonte: [http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories\\_en.html?city\\_id=264&seap](http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories_en.html?city_id=264&seap)

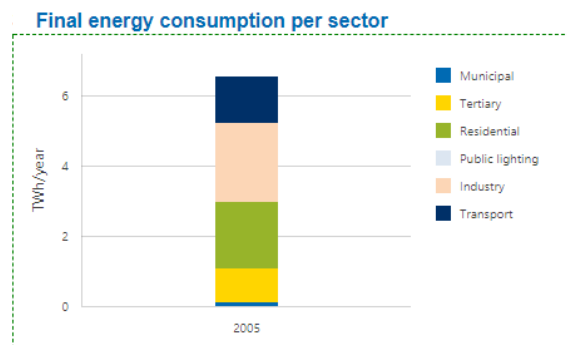


Figura 14, Consumo di energia finale per settore economico-amministrativo del Comune di Padova. Fonte: [http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories\\_en.html?city\\_id=264&seap](http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories_en.html?city_id=264&seap)

Va precisato che le emissioni complessive finali sono integrate con il calcolo delle emissioni derivanti dal consumo di energia elettrica, che si può fare usando una semplice formula matematica:

$$Emissioni\ finali = \sum Consumo\ energia\ finale\ (MWh_e) \cdot NEFE\ \left(\frac{tonCO_2}{MWh_e}\right)$$

Ove con il termine *NEFE* si indica il fattore di emissione nazionale (National Emission Factor for Electricity), ossia la quantità di CO<sub>2</sub> prodotta per MWh di energia elettrica generato. Tale fattore è tabellato per ogni nazione della UE e viene aggiornato annualmente. Di seguito la tabella del fattore di emissione locale per ogni nazione appartenente all'Unione Europea; di fianco è riportato anche il fattore calcolato con l'approccio

LCA, che sarà chiaramente più elevato rispetto a quello standard. È interessante notare come tale valore vari notevolmente fra i diversi stati; ciò avrà conseguenze sulla riduzione delle emissioni ottenuta. A parità di risparmio energetico, la riduzione delle emissioni sarà tanto maggiore quanto più elevato è il fattore di emissione nazionale. Tale valore è molto elevato per gli stati dell'est in quanto essi hanno un'infrastruttura energetica basata su centrali a carbone, estremamente inquinanti.

Country	Standard emission factor (t CO <sub>2</sub> /MWh <sub>e</sub> )	LCA emission factor (t CO <sub>2</sub> -eq/MWh <sub>e</sub> )
Austria	0.209	0.310
Belgium	0.285	0.402
Germany	0.624	0.706
Denmark	0.461	0.760
Spain	0.440	0.639
Finland	0.216	0.418
France	0.056	0.146
United Kingdom	0.543	0.658
Greece	1.149	1.167
Ireland	0.732	0.870
Italy	0.483	0.708
Netherlands	0.435	0.716
Portugal	0.369	0.750
Sweden	0.023	0.079
Bulgaria	0.819	0.906
Cyprus	0.874	1.019
Czech Republic	0.950	0.802
Estonia	0.908	1.593
Hungary	0.566	0.678
Lithuania	0.153	0.174
Latvia	0.109	0.563
Poland	1.191	1.185
Romania	0.701	1.084
Slovenia	0.557	0.602
Slovakia	0.252	0.353
<b>EU-27</b>	<b>0.460</b>	<b>0.578</b>

Figura 15, Fattori nazionali di emissione. Fonte: Technical annex to the SEAP template: the emission factor; aggiornato al 2014. Reperibile al link: [http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical\\_annex\\_en.pdf](http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_en.pdf).

È possibile, nel caso l'amministrazione locale generi energia localmente da impianti a fonti rinnovabili o acquisti energia verde certificata, utilizzare un fattore di emissione locale, che va calcolato in base al mix energetico proprio della città. Tale approccio è chiaramente più oneroso, ma è utile per tenere in considerazione di eventuali fonti di energia rinnovabile già presenti in loco (pannelli solari, impianti cogenerativi, ecc.). Questo tipo di approccio viene utilizzato spesso dalle grandi città, che dispongono entro i loro confini di impianti di generazione energetica, e sono in grado di generare una quota non trascurabile dei loro fabbisogni da fonti rinnovabili.

Tale piano viene caricato su piattaforma on-line che controlla in tempo reale eventuali errori. Inoltre ogni PAES o PAESC elaborato viene esaminato dal Centro comune di ricerca della Commissione Europea (CCR, o in inglese JRC, Joint Research Center), che ne dà l'approvazione definitiva oppure lo bocchia sollevando obiezioni e appunti alle parti ritenute errate. Il CCR è l'organismo che ha messo punto la metodologia di stesura del PAES; inoltre dà supporto tecnico, scientifico e metodologico a chi lo richiedesse. Può fornire feedback e commenti sulle iniziative intraprese; è infine responsabile dell'aggiornamento delle metodologie di stesura. Chiaramente gli aggiornamenti vengono fatti periodicamente, vista la rapidità con



cui evolve la tecnologia disponibile nei vari settori. Data l'ampio ventaglio di iniziative possibili, tale piano viene anche visto come una filosofia di sviluppo cittadino, sia urbano che di tipo socio-economico.

### 3.4 Monitoraggio delle iniziative:

Una volta presentato tale documento, è necessario ogni due anni presentare un monitoraggio sullo stato di avanzamento delle iniziative promesse e intraprese. Il modulo di monitoraggio ha una struttura simile a quello di presentazione del PAES/PAESC, in quanto deve servire a presentare i risultati e l'andamento delle iniziative descritte nel piano per l'energia sostenibile. È chiaro che però che i contenuti saranno diversi. Le sezioni in questo caso previste sono:

- **Stato della strategia:** Sono indicati le risorse umane messe a disposizione per l'attuazione della strategia di mitigazione climatica; il budget complessivo speso fino al monitoraggio, ed eventuali ostacoli trovati all'applicazione della strategia.
- **Monitoraggio dell'Inventario delle Emissioni:** Da presentare almeno ogni 4 anni; è l'aggiornamento temporale dell'inventario delle emissioni, e consente di verificarne l'andamento e le eventuali riduzioni nei vari settori. Si richiede perciò di presentare un documento chiamato MIE (acronimo del titolo) o in inglese MEI (Monitoring Emission Inventory). La definizione di tale rapporto è un'operazione molto onerosa, e a oggi solo il 18%<sup>6</sup> delle municipalità che avrebbero dovuto compilarne uno lo hanno consegnato entro i termini previsti. Di seguito una mappa dettagliata delle percentuali di MEI presentati per nazione europea:

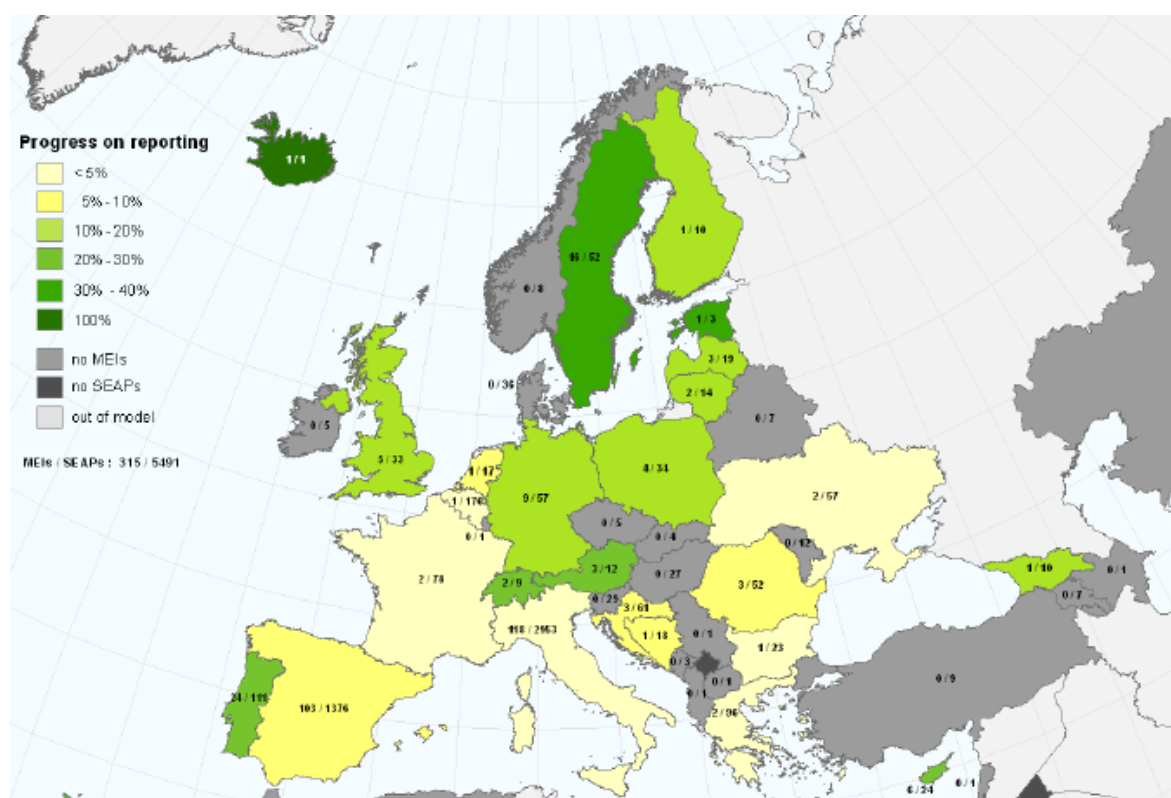


Figura 16, MEI presentati/ MEI previsti per nazione Europea al 2016. Fonte: Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emission achievements and projects

Tali ritardi possono essere spiegati probabilmente da un eccessivo entusiasmo nell'adesione all'iniziativa, che ha portato poi a difficoltà impreviste che causano ritardi e mancati rispetti delle

<sup>6</sup> "Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emission achievements and projects", European Commission, 2016, pag.28

scadenze, soprattutto nei comuni più piccoli e che hanno perciò più difficoltà nel reperire le risorse necessarie alla stesura di tale report.

- **Stato di attuazione delle azioni di mitigazione:** Si verifica lo stato di attuazione delle misure intraprese per mitigare le emissioni inquinanti. Si riporta se inoltre vi siano stati rinvii o ne siano state intraprese di nuove. Inoltre, si aggiorna l'impatto economico e ambientale delle emissioni quando possibile con valutazioni e non con stime; infine, si dà un resoconto delle spese sostenute per implementare ciascuna iniziativa. È obbligatorio che almeno tre delle strategie eseguite o in esecuzione siano inserite fra gli esempi d'eccellenza. Grazie ai dati inseriti si ottiene una relazione di monitoraggio della mitigazione, ossia una serie di grafici che consentono di visualizzare in modo intuitivo l'efficacia delle azioni intraprese, la prevista riduzione di emissioni al 2020, ecc.
- **Azioni di adattamento:** è obbligatorio presentare almeno tre azioni di adattamento al cambiamento climatico. Questa sezione è presente solo nei monitoring riferiti ai nuovi PAESC.

Tutti i dati forniti vengono poi elaborati in una serie di grafici molto intuitivi, che consentono anche ai non esperti della materia di capire se le iniziative intraprese dal comune stiano avendo efficacia, quale riduzione di emissioni è stimata, come sia il mix energetico che il comune utilizza, ecc. Un esempio di monitoraggio è il seguente:

### SEAP Implementation Progress

#### 1) Status of implementation of actions

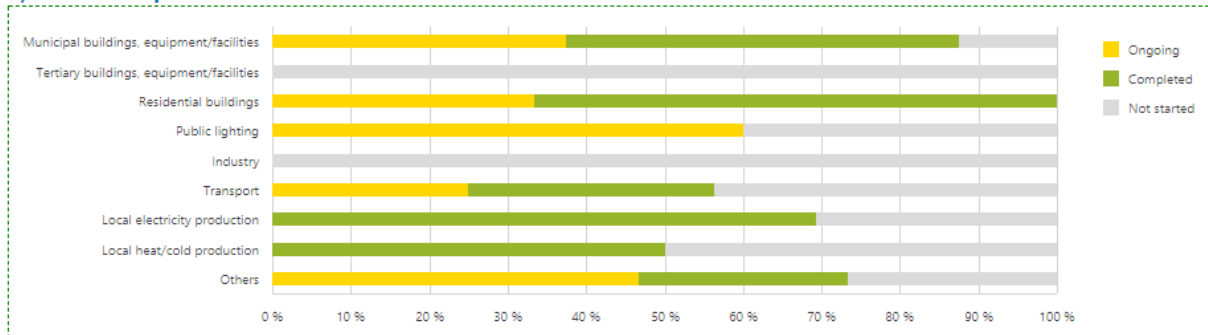


Figura 17, Stato di avanzamento dell'implementazione del piano PAES/PAESC del Comune di Padova. Fonte: [http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories\\_en.html?city\\_id=264&monitoring](http://www.covenantofmayors.eu/about/signatories_en.html?city_id=264&monitoring)

Il grafico mostra lo stato di avanzamento delle iniziative proposte nel PAES del Comune di Padova. Si vede come sia efficace e intuitivo il monitoraggio così effettuato. Grazie ai dati forniti tramite il MEI inoltre è possibile visualizzare in modo semplice la riduzione ottenuta delle emissioni tramite le iniziative intraprese. È disponibile, presso il sito [http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans\\_en.html](http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.html) il database di ogni PAES/PAESC approvato, ciascuno chiaramente relativo ad un comune di riferimento. Inoltre, sono disponibili anche tutti i monitoraggi già effettuati presso lo stesso link. È una banca dati molto esaustiva, che consente di capire in modo semplice e intuitivo se e quanto si stiano impegnando le varie amministrazioni nella lotta al cambiamento climatico.

Data la complessità e l'onerosità della stesura sia del PAES che del documento di monitoraggio, può accadere che le piccole amministrazioni si uniscano per presentare dei documenti comuni. Tale approccio viene coordinato da un Coordinatore, che viene spesso identificato come un'entità amministrativa di livello superiore (regione, province, altri comitati di amministratori locali). Un esempio di tale coordinazione è quello della regione Sardegna, che ha fatto da coordinatore per i numerosi piccoli comuni presenti nell'isola per aiutarli nella stesura del piano.

Moltissimi PAES/PAESC danno grande rilevanza al coinvolgimento di enti esterni all'amministrazione, aventi interesse nella riduzione del cambiamento climatico, i cosiddetti "stakeholders". Questo è un altro dei punti di maggior successo di tale iniziativa. Di seguito una tabella riassuntiva dei principali stakeholder coinvolti in alcune città d'esempio all'interno dei loro PAES/PAESC:

Stakeholder	Number of cities involving the stakeholder
Local energy suppliers	15
Local transport companies	14
Private companies in general	12
Citizenship/consumers associations	17
Cities networks or other cities	6
Universities	7
Representatives of private companies active in EE and RES'	4
Representatives of civil servants	2
Trade unions	1
Regional government	11
National government	9

Figura 18, Stakeholders principali coinvolti nei vari PAES/PAESC (presi da varie città dell'UE); fonte: *The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans*

Si può osservare come si tenda a coinvolgere principalmente i fornitori di energia, le compagnie di trasporti locali, le associazioni cittadine e le ditte private; nonché ovviamente i governi di livello superiore (regionale e nazionale). Tale coinvolgimento è fondamentale per avere un fronte comune in tutti i settori per lo stesso obiettivo; inoltre può fornire risorse economiche e conoscenze metodologiche importanti. Inoltre, il processo per il raggiungimento degli obiettivi concordati di riduzione può essere uno stimolo all'innovazione tecnologica, allo sviluppo e alla ricerca, creando così un circolo virtuoso anche per l'economia locale. Tale coinvolgimento è tendenzialmente più diffuso nel Nord Europa<sup>7</sup>.

Può essere interessante andare a studiare quali siano state le iniziative di maggior successo, e cercare di capire in quali dei vari settori individuati sia efficace intervenire, e come si possano configurare gli interventi più efficaci in termini di € investiti/tonCO2 eliminata. Saranno analizzate le iniziative prese dalle città più popolate, in quanto più rappresentative di misure attuabili su larga scala. Per città popolate si intende una città che abbia una popolazione superiore a 100.000 abitanti. La popolazione è stimata con riferimento a quella residente all'interno dei confini amministrativi del comune, in quanto dato di più semplice reperibilità.

### 3.5 Iniziative ricorrenti e ambiti d'intervento delle amministrazioni:

Per parlare delle iniziative più efficaci attuate finora nell'ambito del Patto dei Sindaci, è utile prima definire quali siano i fattori che più influenzano le emissioni di una città, e quali siano i settori ove è più semplice e efficace intervenire a livello amministrativo e locale. I fattori che più influenzano le emissioni di una città sono: la popolazione, la densità di popolazione, i gradi giorno, il fattore locale di emissione elettrica (EEF) e il prodotto interno lordo. Intuitivamente, e a grandi linee, si può affermare quanto segue: Maggiore è la popolazione di una città, maggiori saranno i consumi energetici e perciò maggiori saranno le emissioni di CO2 per quel centro urbano. Invece un'elevata densità di popolazione potrebbe portare ad una riduzione delle emissioni pro capite nelle città. Tale relazione è facilmente spiegabile se si pensa che l'elevata concentrazione di popolazione in un piccolo spazio porterà ad avere più persone che usano i servizi pubblici e che hanno meno esigenza di spostarsi in macchina. Di seguito un grafico che plotta tale andamento:

<sup>7</sup> The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans; pag. 18

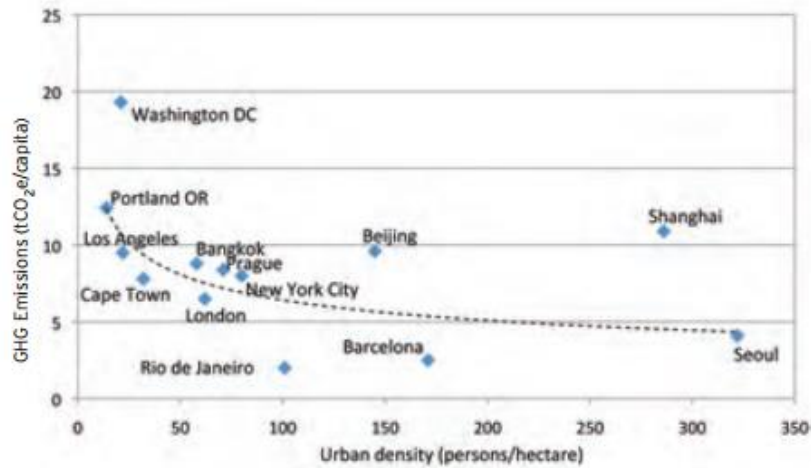


Figura 19, Emissioni di gas serra pro-capite in funzione della densità di popolazione di alcune grandi città; fonte: "Cities' contribution to climate change", presso l'URL <http://siteresources.worldbank.org/INTUWM/Resources/340232-1205330656272/4768406-1291309208>

Si vede come l'andamento della curva generale d'interpolazione confermi quanto appena affermato.

Le città con un elevato numero di gradi giorno (ossia differenza fra la temperatura ambiente di 20°C e la temperatura media giornaliera) avranno un elevato consumo di energia per riscaldamento e illuminazione; viceversa le città con clima più caldo avranno maggiori consumi nel periodo estivo dovuti alla climatizzazione degli ambienti e al raffrescamento in generale.

Le città di uno stato avente elevato fattore di emissione nazionale per l'energia elettrica (EEF), otterranno maggiori riduzioni di emissioni di CO<sub>2</sub> a parità di risparmio elettrico. Alcune città possono però ridurre tale fattore utilizzando il proprio fattore locale, se hanno elevata generazione di energia a basse emissioni entro i loro confini.

Vi è ampia letteratura in materia ed è tutta concorde in identificare quei parametri come i più importanti ai fini dello studio dell'inquinamento<sup>8</sup>.

È utile anche sapere come le varie città contino di implementare le iniziative proposte. Le amministrazioni più grosse avevano già degli uffici che si occupavano della gestione energetica e ambientale, e perciò hanno delegato a loro il compito. In città più piccole invece è stato necessario creare un'agenzia ad hoc preposta allo scopo. In altri casi invece infine si è preferito dividere i compiti fra uffici già preesistenti; fornendo ciascun ente di una metodologia volta alla riduzione delle emissioni di gas serra<sup>9</sup>.

I macrosettori più importanti su cui le città contano di agire maggiormente sono il settore dell'efficienza energetica, che a sua volta può andare a implementare azioni sia nell'edilizia (pubblica e privata) che nei processi industriali; il settore dei Trasporti e quello della generazione di energia. Il settore della generazione di energia comprende anche quello della generazione di calore e del raffrescamento degli edifici. In aggiunta a questi vi è poi l'ambito della sensibilizzazione della società sui temi ambientali; che è esterno ai tre settori prima indicati ma i cui risultati influenzano tutti e tre.

Si può osservare nella tabella di seguito come tali settori assieme costituiscano i la quasi totalità del totale delle emissioni cittadine.

<sup>8</sup> Urban CO<sub>2</sub> mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

<sup>9</sup> The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans; pag. 19

Distribution of emissions and intended emission reductions among sectors and subsectors.

Sectors and subsectors	Share of BEIs emissions	Share of SEAPs intended emissions	% reduction on baseline emissions
Buildings	49.0%	30.2%	8%
Residential	30.6%	15.8%	8%
Tertiary	16.2%	8%	8%
Municipal	2.2%	2.8%	20%
Mixed actions	-	3.6%	-
Transport	26.3%	20.6%	12%
Private and commercial	24.6%	10.6%	7%
Public	1.6%	5.6%	54%
Municipal fleet	0.1%	0.3%	33%
Mixed actions	-	4.1%	-
Industry	22.1%	2.5%	2%
Public lighting	0.3%	0.7%	29%
Local electricity production	<sup>a</sup>	21.3%	-
Local heat/cold production	<sup>a</sup>	6.5%	-
Land use planning	not present	3.4%	-
Waste and water		4.9%	
Working with the citizens and stakeholders	not present	0.4%	-
Other	2.2%	15.5%	<sup>b</sup>
Total	100%	100%	15% <sup>c</sup>

Figura 20, Ripartizione delle emissioni nei vari settori riferite a 124 città europee. Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Il settore dell'edilizia raccoglie dentro di sé le seguenti classi di edifici: edifici residenziali, edifici municipali e edifici terziari (ossia edifici non municipali di vario tipo: piscine, bar, ristoranti, ecc.).

Chiaramente, essendo comuni gli ambiti di intervento, si ha anche una ricorrenza di alcune iniziative a livello amministrativo per ridurre le emissioni. Di seguito si può vedere un grafico che raccoglie le azioni più frequenti nelle varie amministrazioni riguardanti il settore degli edifici e dell'edilizia in generale, e di fianco la prevista riduzione di emissioni associata all'iniziativa, riferite al totale delle riduzioni in programma:

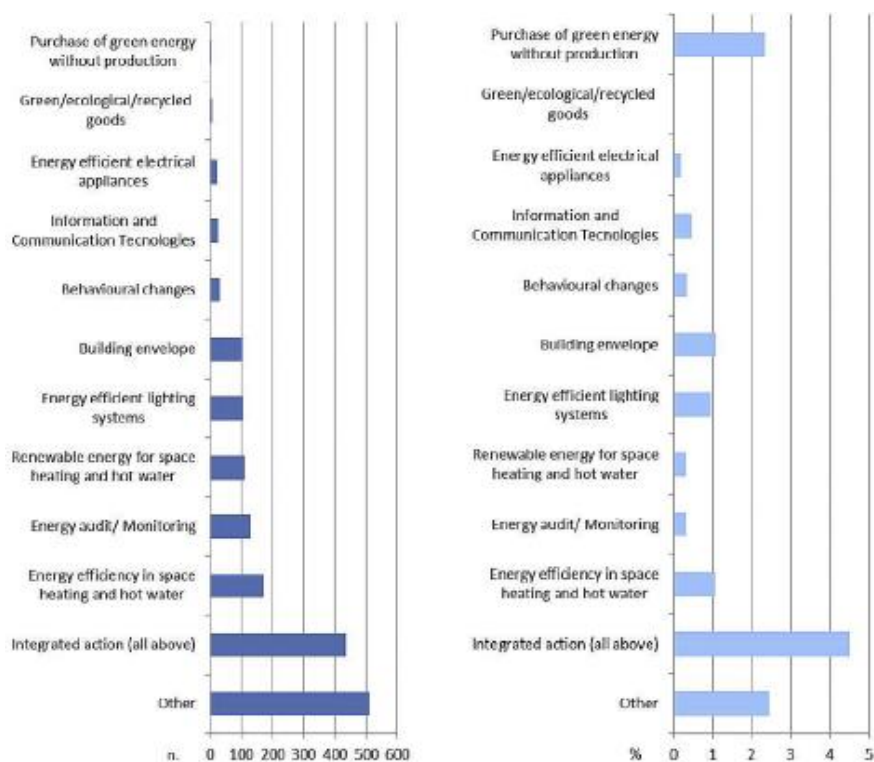


Figura 21, Iniziative ricorrenti nel settore edilizio per la riduzione delle emissioni e dei consumi e prevista riduzione di emissioni (a destra). Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Si vede come siano molto gettonate le azioni riguardanti l'efficienza energetica degli edifici (presente oltre 100 volte); questo perché l'ambito dell'efficientamento energetico edilizio è uno dei più semplici da sfruttare e uno su cui ci sia il più vasto lavoro da fare; di conseguenza, è anche il settore da cui si possono ottenere i migliori risultati. Le azioni integrate rappresentano una combinazione delle varie iniziative indicate in precedenza. Per ridurre drasticamente i consumi in tema di edilizia infatti è estremamente utile combinare una serie di misure, in modo tale da poter agire in modo intensivo su tutti gli aspetti di inefficienza presenti. Molto importante è anche l'acquisto di energia verde certificata, che consente di inserire una quota rilevante di consumi totali come "rinnovabile" e dunque di sottrarla al calcolo delle emissioni di CO2 associata al fabbisogno di energia elettrica.

Per ognuna delle iniziative che l'amministrazione ha intenzione di adottare, è necessario associare lo strumento politico che si vuole usare per metterla in pratica. Di seguito un grafico che riporta gli strumenti politici più utilizzati e la prevista riduzione di emissioni associate (riferita alla riduzione percentuale prevista per il settore)



Figura 22, Strumenti politici più sfruttati e prevista riduzione delle emissioni per l'attuazione delle iniziative del patto dei sindaci. Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Si può osservare come le amministrazioni locali puntino molto sul "awareness raising", ossia sul rendere i cittadini consapevoli degli sprechi energetici e di cosa si possa fare per ridurli. Fondamentale per ridurre i consumi infatti sono anche i comportamenti delle persone che vivono e lavorano all'interno dei vari edifici. Non sorprende perciò come siano dedicate ampie risorse alle iniziative di informazione e sensibilizzazione degli occupanti sull'efficienza energetica e la gestione ottimale delle risorse. Molto importanti sono anche la definizione di regole e standard sempre più stringenti in materia di emissioni e di consumi, in modo tale da costringere il mercato ad adeguarsi a tali disposizioni e ad investire in ricerca e sviluppo su tali campi. Non si può trascurare inoltre lo sviluppo di nuove infrastrutture legate al tema, ad esempio miglioramento degli impianti nei vari edifici. Molto importanti sono anche gli incentivi ai privati per gli interventi.

Un altro campo estremamente comune e molto efficace è quello dell'Energy Management, ossia della gestione ottimale delle risorse energetiche a disposizione per minimizzare gli sprechi. Si può fare un discorso analogo per le iniziative prese nel settore dei trasporti, altro ambito in cui le amministrazioni locali puntano molto per ridurre le emissioni. Di seguito i grafici con contenuti analoghi ai precedenti riguardanti però il settore dei trasporti:

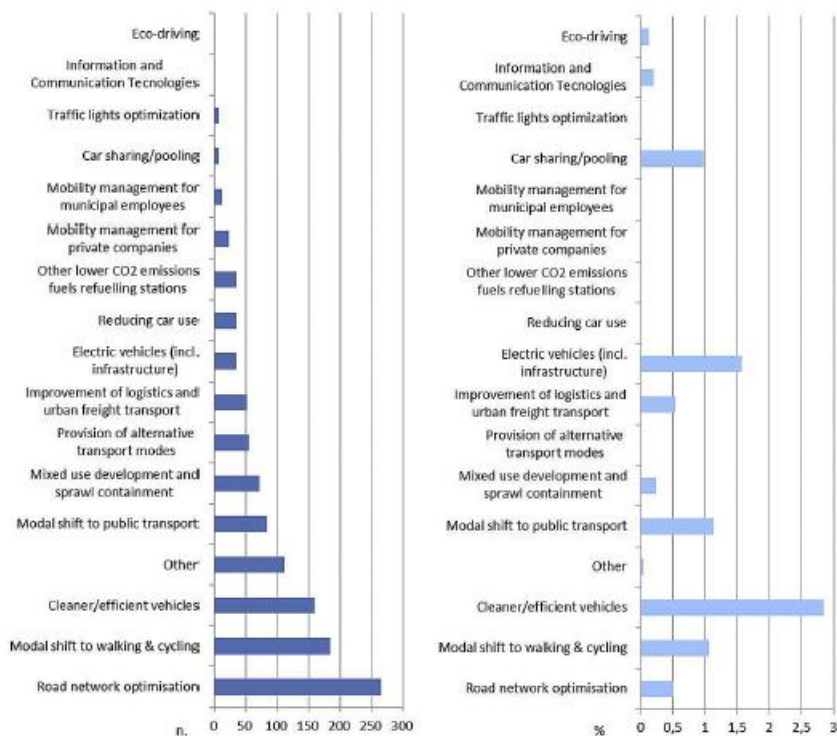


Figura 23, iniziative ricorrenti e prevista riduzione delle emissioni nel settore Trasporti. Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Si può notare come le iniziative più sfruttate siano quelle del “cambiamento modale” dei trasporti, ossia dell’incentivo alla popolazione per l’utilizzo di biciclette, mezzi ecologici e trasporti pubblici. Tale progetto richiede però un’adeguata rete di infrastrutture e di trasporti, che infatti risulta essere l’iniziativa più presente in assoluto. L’aspettativa più elevata in termini di riduzione di emissioni si trova nelle iniziative di ammodernamento e sostituzione del parco di mezzi dedicati al trasporto pubblico e/o privato. Si possono osservare di seguito quali siano le politiche più sfruttate a livello cittadino:

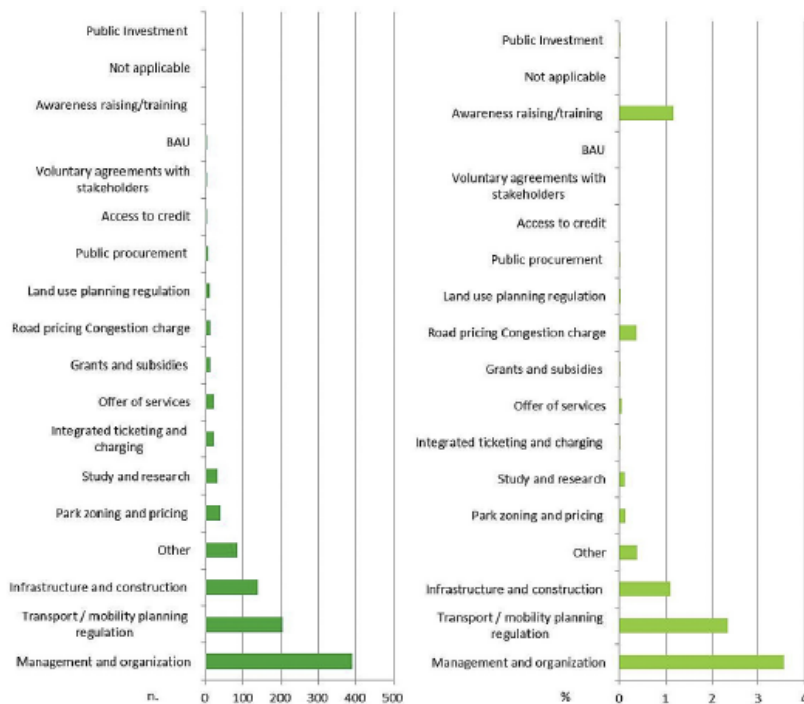


Figura 24, strumenti politici più frequenti e riduzione prevista associata nel settore trasporti. Fonte Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Coerentemente con quanto sopra visto, si osserva come gli strumenti politici più sfruttati siano: la costruzione di nuove infrastrutture, la pianificazione puntuale dei trasporti pubblici, e l'ottimizzazione della gestione delle risorse. Spesso infatti basta riorganizzare la rete dei trasporti in modo efficiente, senza aver bisogno di fare grandi investimenti per ottenere un sensibile miglioramento. In generale si può affermare come gli ambiti più importanti d'intervento siano quelli di sensibilizzazione dei cittadini; della spinta verso un utilizzo sempre maggiore del trasporto pubblico nelle città e di un efficientamento sempre migliore degli edifici, affinché consumino la minima quantità necessaria di energia.

Un ulteriore settore ove è possibile intervenire in modo efficace da parte delle amministrazioni locali è quello della generazione di energia elettrica urbana, di solito tramite fonti rinnovabili o impianti cogenerativi. Andare ad agire sulla generazione elettrica locale consente inoltre di ridurre il valore del tasso EEF locale, e di conseguenza si può ridurre la quantità di CO2 immessa in atmosfera per MWh prodotto. Ciò implica che così facendo sia più semplice raggiungere gli obiettivi preposti di riduzione delle emissioni, o si possa arrivare ad ottenere risultati più ambiziosi.



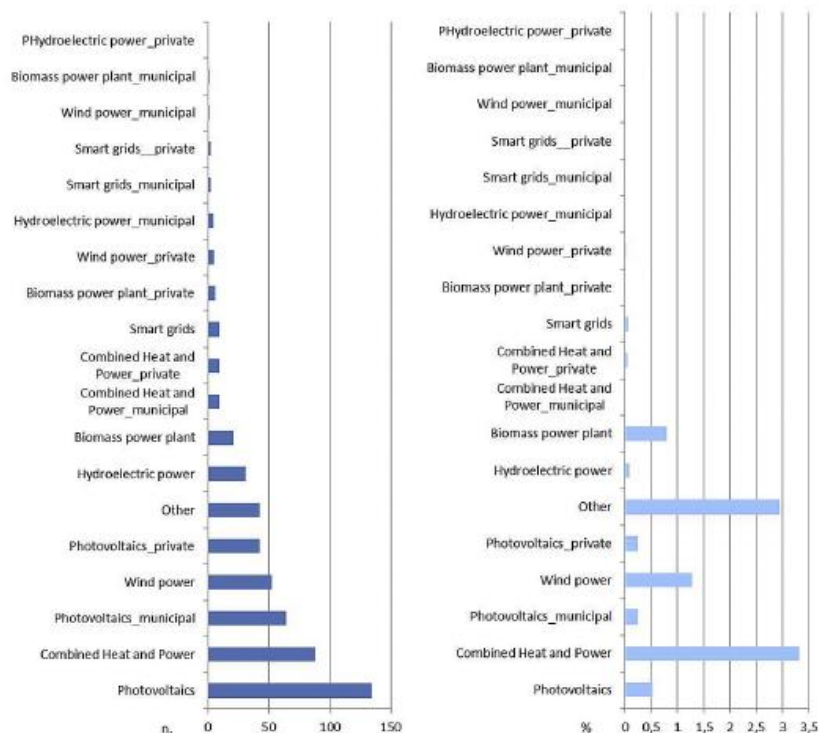


Figura 25, Misure più frequenti e previsioni di riduzione associate per la generazione di energia elettrica. Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Nel caso della generazione di energia elettrica, si può osservare come siano privilegiate le misure che spingono verso l'autoconsumo da fonti rinnovabili (fotovoltaico) e la cogenerazione di calore e elettricità (Combined heat and power). Le riduzioni più elevate sono attese dall'utilizzo della cogenerazione; in quanto essa consente di quasi raddoppiare l'efficienza di generazione di energia e di sfruttare combustibili a bassissime emissioni. Tale argomento sarà esaminato più a fondo nel capitolo dedicato.

Se si vanno ad esaminare le misure più comuni per stimolare tali iniziative, si vede come esse privilegino lo sviluppo delle infrastrutture, l'organizzazione e la gestione efficiente delle risorse e come venga anche facilitato l'accesso al credito. Inoltre, si cercano di usare strumenti di "finanza creativa", quale ad esempio il partenariato pubblico-privato (PPP, public-private partnership), che consente all'amministrazione pubblica un notevole risparmio in termini economici e sull'investimento.

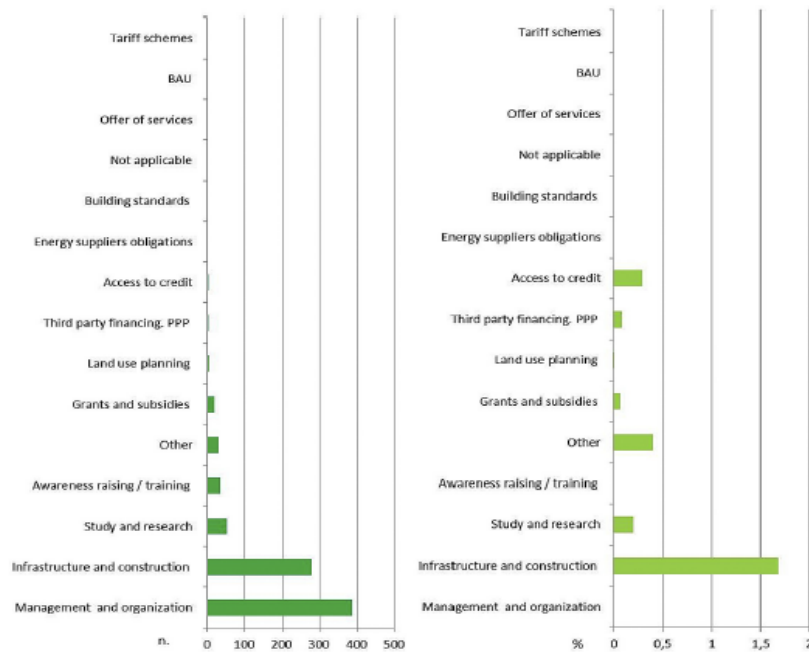


Figura 26, Strumenti politici più utilizzati e riduzione attesa delle emissioni nell'ambito della generazione di energia elettrica. Fonte: Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities

Si osserva come la misura da cui ci si attende la maggior riduzione di emissioni sia la costruzione e lo sviluppo delle infrastrutture; insieme alla voce “altro”, che intende di solito un insieme delle misure già elencate. È interessante notare come ci si attenda buoni risultati dall’accesso al credito, in quanto la disponibilità economica dà indubbiamente notevole stimolo a tutte le iniziative di carattere ambientale, che hanno anche loro un costo non indifferente. Inoltre, per molte iniziative di generazione di elettricità vi è bisogno di notevoli capitali d’investimento iniziali, per i quali è essenziale un accesso al credito agevolato da parte dell’amministrazione, anche in compartecipazione con i locali istituti di credito. La costruzione di infrastrutture comprende anche la costruzione di nuovi impianti di generazione energetica a basse o nulle emissioni, quali impianti cogenerativi, inceneritori di rifiuti, campi eolici, ecc. Non può sorprendere dunque come da tale iniziativa ci si attenda la più elevata quota di riduzioni.

## Cap. 4: Confronto delle iniziative più efficaci

### 4.1 Metodologia utilizzata

Per capire meglio all'atto pratico quali siano le iniziative più efficaci intraprese, può essere utile creare un benchmark di riferimento di tutte le iniziative ritenute di eccellenza che sono catalogate presso il sito del patto dei sindaci. Il sito infatti fornisce un database di esempi d'eccellenza, ove vengono raggruppate le iniziative prese da ogni città/amministrazione locale per ridurre le emissioni di gas serra. Va precisato che solo azioni completate o in fase di attuazione sono inseribili fra tali esempi; di conseguenza non deve sorprendere se molte iniziative risultano precedenti all'istituzione del patto dei Sindaci. Ciò è frequente soprattutto per città grandi, che avevano già iniziato una propria campagna di riduzione delle emissioni di gas serra, e hanno perciò inserito le iniziative già in corso anche da prima del lancio dell'iniziativa globale del Patto dei Sindaci.

Il database fornisce alcune "statistiche chiave" o "key figures" che presentano i risultati più importanti collegati all'iniziativa scelta. Di solito, le statistiche più riportate sono: La riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>, misurata in tonCO<sub>2</sub> eq./anno; il costo dell'iniziativa in €; l'eventuale risparmio energetico conseguito misurato in MWh/anno (non sempre presente, dipende da chi fornisce tali dati), la quantità di energia prodotta da fonti rinnovabili sempre in MWh/anno; più raramente sono disponibili anche eventuali informazioni supplementari, quali ad esempio i posti di lavoro che si sono creati implementando tali politiche ambientali. È utile misurare l'efficacia economica di tali iniziative tramite un semplice parametro: gli € investiti per tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente non emessa. Con i dati forniti è molto semplice ricavare tale dato; basta infatti fare la seguente operazione:

$$\frac{\text{costo dell'iniziativa}}{\text{riduzione delle emissioni di CO}_2 \text{ complessiva}} = \frac{\text{€ investiti}}{\text{tonCO}_2 \text{ ridotta}}$$

Usando questa semplice formula si ricavano gli € investiti per una riduzione unitaria di CO<sub>2</sub> equivalente. Poiché spesso viene fornita la riduzione annuale di emissioni di gas serra (tonCO<sub>2</sub>/anno), sarà necessario moltiplicare il dato della riduzione delle emissioni prevista all'anno per la durata di vita tecnica ipotizzabile dell'iniziativa; così facendo si può stimare un valore complessivo e ragionevole di riduzione delle emissioni totali legata all'iniziativa. I tempi di vita stimati delle varie iniziative saranno definiti all'inizio di ogni paragrafo, utilizzando quanto si può trovare in letteratura e nelle stime economiche. Tale parametro misura in modo semplice e intuitivo quanto siano efficaci le iniziative intraprese, pur essendo chiaramente non esaustivo. Risulta molto utile quindi, ai fini della nostra analisi sulle varie iniziative, ordinarle tutte in base a questo parametro, in modo tale da poter individuare subito quali siano state quelle in assoluto più efficaci. Per fare questo procedimento è stato svolto un lavoro di raccolta dati che vengono forniti sul sito del Patto dei sindaci, e un po' di analisi con un foglio di calcolo Excel, grazie a cui è stato poi possibile ordinare i dati trovati dal valore minore al maggiore. Da lì sono state ricavate le iniziative più interessanti, ossia quelle avente il più basso rapporto costi-benefici, sui cui poi si darà un approfondimento più specifico su come tali iniziative siano state attuate, quali strumenti siano stati usati, ecc. È chiaro come tale approccio sia limitato dal punto di vista temporale, ma comunque significativo. Comunque, tale parametro resta indicativo e interessante per i nostri scopi. Può essere interessante anche iniziative basate su metodi innovativi e particolari; non sarebbe per esempio di alcuna utilità confrontare diverse iniziative basate tutte sullo stesso meccanismo di implementazione (es. l'incentivazione standard). Diventa invece utile andare ad esaminare i risultati raggiunti dalle varie strategie e i diversi metodi utilizzati per raggiungere tali risultati.

Una discussione a parte meritano le iniziative di sensibilizzazione, prima definite come "awareness raising". Esse infatti mirano a rendere i cittadini consci dei loro consumi e degli effetti delle loro abitudini, di conseguenza l'obiettivo è spingerli a cambiare tali abitudini verso altre più sostenibili dal punto di vista ecologico. Di queste iniziative è semplice misurare il costo, ma è molto più complesso e opinabile misurarne gli effetti. È intuitivo infatti, come sia difficile capire in quanta misura tali iniziative influenzino il cambiamento

di abitudine dei cittadini, così come è complesso stabilire quali possano essere le riduzioni che verranno ottenute tramite tali campagne. Per esempio, se si fa un'iniziativa volta a sensibilizzare i cittadini sulla riduzione degli sprechi di acqua e/o energia all'interno delle case, sarà poi molto complesso determinare che percentuale di riduzione dei consumi sia dovuta all'iniziativa, e quale invece non sia dovuta ad un eventuale calo della popolazione, o utilizzo di apparecchiature più efficienti, e così via; a meno di non avere possibilità di poter fare sondaggi capillari ed esaustivi. Data l'onerosità di tale attività, è chiaro come i risultati siano disponibili solo nei comuni più grandi, mentre nel caso di quelli medio-piccoli è molto più complesso avere dati certi sugli esiti. Tali iniziative sono comunque generalmente molto diffuse, e ricorrono nei PAES/PAESC di diverse città europee. Sono importanti infatti non solo per sensibilizzare l'opinione pubblica sulle proprie responsabilità, ma anche possono coinvolgere degli stakeholders locali ad investire nelle iniziative volte alla riduzione delle emissioni di gas serra. Di conseguenza, si può ottenere un ritorno anche economico in quanto il comune riesce a reperire delle risorse esterne alle proprie per finanziare le sue misure di riduzione di emissioni.

I dati sulle iniziative che saranno approfondite sono stati ricavati tutti dai PAES/PAESC delle relative città, oppure dalla sezione "benchmark of excellence" prima nominata. In alternativa, sono state usate anche altre fonti: report delle autorità responsabili sui risultati, articoli scientifici, indagini esterne, ecc. Tutti i dati sono comunque stati verificati per quanto possibile; in caso di discordanza fra le stime, si è tenuto il valore più ricorrente e più conservativo.

Infine, per restringere il campo ad un numero gestibile di iniziative confrontabili, saranno prese in considerazione solo quelle proposte da città aventi popolazione superiore a 100.000 abitanti. La popolazione di una città è intesa come numero di cittadini residenti all'interno dei confini amministrativi del comune, in quanto dato di più facile reperibilità.

## 4.2 Criticità riscontrate

Bisogna specificare alcune limitazioni in questa analisi. Poiché è concesso scrivere il PAES/PAESC e le descrizioni delle iniziative di eccellenza in ogni lingua ufficiale dell'unione europea, non sempre i documenti vengono caricati in inglese; ciò introduce una sostanziale barriera linguistica nella comprensione delle iniziative. Di conseguenza, saranno tralasciate le iniziative di paesi di cui non sia stato possibile comprendere/tradurre la lingua locale né fosse presente una traduzione in inglese dei vari documenti.

In aggiunta a ciò, un'altra grossa limitazione riscontrata sta nella disponibilità e nella consistenza dei dati forniti. Sul sito può capitare che i dati forniti siano in parte mancanti (capita che non siano indicati i costi dell'iniziativa), chiaramente irrealistici (vi sono iniziative il cui costo d'implementazione è stimato in 1€), oppure con valori troppo elevati di presunta riduzione di CO<sub>2</sub> (Alcuni comuni stimavano una riduzione di CO<sub>2</sub> di decine di migliaia di tonnellate solo tramite la creazione di un servizio di bike sharing). Si è comunque proceduto con un'indagine più approfondita per quelle che ho riscontrato essere le iniziative più interessanti, con riferimento al parametro € investiti/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Inoltre, con riferimento ai vari PAES/PAESC presentati dalle città, non sono sempre forniti valori di costi o orizzonti temporali precisi di implementazione delle iniziative. In aggiunta a ciò, non è sempre chiaro se l'iniziativa in programma sia poi stata effettivamente implementata dall'amministrazione locale; inoltre è possibile che le stime delle riduzioni non tengano conto di fattori esterni o che non venga specificata in modo chiaro la metodologia di calcolo utilizzata, rendendo di difficile comprensione il risultato..

Infine, un'ulteriore argomento che più di limitazione è di cautela sui valori ottenuti, è di tipo socio-economico. Per alcune città risulta molto semplice all'inizio fare efficienza energetica; in molti casi (soprattutto città dell'est e ex-sovietiche) fino agli anni '90 non esisteva pressoché alcuna sensibilità in materia di cambiamento climatico, risparmio energetico e quant'altro. Ciò implica che tali città si ritrovino con patrimoni immobiliari vecchi e senza alcuna certificazione energetica, che abbiano una rete di trasporti estremamente inquinante in quanto composta principalmente di mezzi obsoleti, e delle reti elettriche e di riscaldamento molto disperdenti in quanto poco curate. Perciò, risulta per tali amministrazioni molto più semplice ottenere

enormi riduzioni dei consumi e di emissioni, in quanto basta procedere alla sostituzione di quanto c'è di obsoleto con ciò che il mercato offre per ottenere degli ottimi risultati. Di conseguenza, i valori di € investito/tonCO2 ridotta saranno estremamente bassi; bisogna però prendere tale dato con le pinze e tener conto dell'arretratezza delle infrastrutture di partenza prima di giudicare tali iniziative come le migliori. È chiaro inoltre come tali paesi privilegeranno molto l'edilizia pubblica nei loro interventi di riduzione delle emissioni gas serra, in quanto quello è il settore di maggior potenziale. Un esempio in materia può essere dato dalla città di Varsavia, che nella versione inglese (riassuntiva) del proprio PAES/PAESC dice "larga parte degli edifici cittadini sono stati costruiti in un periodo in cui i costi dell'energia erano irrisori, e perciò senza alcuna attenzione all'utilizzo di soluzioni che avrebbero garantito un maggiore risparmio energetico"<sup>10</sup>. Un caso simile è quello della città di Riga, in Lettonia. Tale città infatti era parte dell'Unione Sovietica fino al 1991, e perciò ha ereditato delle infrastrutture pessime e una scarsa se non nulla consapevolezza nella società dell'utilità del risparmio energetico. Tale municipalità è così riuscita, partendo da una situazione a così elevato potenziale di riduzione, a ridurre le proprie emissioni di CO2 (riferite al 1990) di oltre il 50% in 20 anni. Di conseguenza, è facile intuire come l'obiettivo posto di riduzione del 55% delle emissioni con riferimento al 1990 sia indubbiamente un grande risultato, ma che va tarato con il potenziale che era a disposizione per ridurre le emissioni di CO2 e i consumi. L'altra conclusione è che una riduzione complessiva del 55% al 2020 implica che sia prevista una riduzione solo del 5% di emissioni dal 2012 (anno di presentazione di PAES/PAESC) al 2020, un obiettivo decisamente limitato.

---

<sup>10</sup> SUSTAINABLE ENERGY ACTION PLAN FOR WARSAW IN THE PERSPECTIVE OF 2020, pag. 11-12. NB: è necessario usare la versione di sintesi del PAES in quanto la versione completa è disponibile solo in polacco.

## Cap. 5: Iniziative su gestione e efficienza energetica nell'ambito dell'edilizia e delle risorse pubbliche o private

### 5.1 Introduzione

L'ambito preferito in assoluto nei vari PAES/PAESC per la riduzione delle emissioni è quello dell'efficienza energetica nei settori dell'edilizia residenziale e pubblica; e dell'efficientamento nei processi industriali. Infatti, come già mostrato nella tabella di figura 20, tale settore è responsabile di quasi metà delle totali emissioni di CO<sub>2</sub> di una città, e di altrettanto elevati consumi energetici. Mediamente l'età del patrimonio immobiliare è molto vecchia (in Italia oltre il 58% delle abitazioni è stato costruito prima del 1977<sup>11</sup>), e perciò moltissime città contano di ottenere le riduzioni maggiori di emissioni di CO<sub>2</sub> in questo settore. Lo stesso ragionamento vale per i paesi dell'est, coerentemente con quanto sopra già descritto.

La voce "Efficientamento edifici" risulta inoltre essere presente 43 volte su 149 iniziative di eccellenza che sono state listate a benchmark. Cioè, esse da sole costituiscono il 29% di tutte le misure intraprese che sono state indicate dai vari comuni di grandi dimensioni come "iniziativa d'eccellenza" e perciò inserite sul sito.

Si può fare una lista delle riduzioni che alcune città di grandi dimensioni puntano ad ottenere in questo settore:

- Londra, UK: riduzione prevista nel settore dell'edilizia pari al 52,6% del totale delle riduzioni previste nel proprio PAES/PAESC; in termini assoluti circa 6,83 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>.
- Lille, FR: Stima una riduzione di emissioni nel settore dell'edilizia pari al 42% del totale di quelle ipotizzate; in valori assoluti circa 297'000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.
- Varsavia, PL: riduzione nel settore pari al 27% di quelle complessive stimate; in valori assoluti 1,64 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>
- Torino, IT: una delle città che punta maggiormente in questo settore, concentrando il 70% della totale riduzione di emissioni prevista. In valore assoluto, poco più di 1 milione di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Questo dato è coerente con quanto detto prima sull'elevata età media degli edifici in Italia, che sono perciò molto energivori.
- Zagabria, HR: 49% del totale della riduzione prevista di emissioni è stata allocata nel settore dell'edilizia; pari a quasi 400.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>
- Dublino, IE: Si punta ad ottenere dall'edilizia una riduzione del 51,8% delle emissioni di CO<sub>2</sub> sul totale previsto; 616.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.
- Riga, LV: La riduzione prevista è pari al 43% di quella totale; circa 90'000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.
- Bristol, UK: Anche qui si dà moltissima importanza a tale settore, in cui si stima di arrivare a quasi il 79% della totale riduzione prevista nel patto dei sindaci, per un valore di 1,15 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>
- Ostrava, CZ: si punta ad avere quasi l'89% del totale delle riduzioni dall'edilizia; il valore così elevato è compatibile con quanto descritto prima riguardo ai paesi dell'est.
- Tallinn, EE: anche qui si dà un elevato contributo al settore dell'edilizia, pari al 61% del totale delle riduzioni previste.
- Burgas, BG: la riduzione prevista è pari al 60,8% del totale; circa 237'000 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Tutti questi valori sono stati ricavati da uno studio effettuato dal JRC sui SAEP di tali città; si rimanda alla bibliografia per la fonte. Ciò che varia sono i metodi di attuazione delle iniziative, anche se il metodo preferito resta quello dell'incentivazione degli interventi.

Va precisato che per calcolare la riduzione complessiva di emissioni di CO<sub>2</sub> dovuta ad un'iniziativa si andranno ad utilizzare dei valori standard di vita utile comunemente attribuiti ad una tecnologia. Il Building Performance Institute Europe suggerisce i seguenti valori:

---

<sup>11</sup> Fonte: [www.immobiliare.it](http://www.immobiliare.it) ; indagine svolta dal loro Centro Studi

- 20 anni di vita utile per un nuovo impianto: riscaldamento, ventilazione, ecc.
- 30-35 anni di vita utile per nuovi serramenti e finestre
- 50 anni di vita utile per un intervento di rifacimento dell'isolamento termico di un edificio, di fatto l'intera vita tecnica dell'edificio stesso.

Nel caso vi fossero più misure integrate si andrà a considerare il valore più conservativo fra i tre.

## 5.2 Iniziative di riqualificazione e efficientamento energetico degli edifici: censimento energetico e approccio "standard" (incentivi ai privati)

Come già affermato, si nota che molte città concentrano i loro sforzi nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici, ai fini di ottenere un doppio effetto positivo: un risparmio energetico (e quindi economico) e una riduzione di emissioni di gas serra dagli stessi. Per poter affrontare in modo efficace e sistematico questo problema, può essere utile catalogare in modo semplice e pratico gli edifici in base ai loro consumi, per andare a capire dove intervenire prima.

Un'iniziativa di indubbia efficacia e molto utile al riguardo è stata presa dalla città di Monaco di Baviera, in Germania. Monaco è una città molto grande, la quarta più popolosa della Germania con una popolazione di 1.450.000 abitanti. Data la sua grandezza, è chiaro come il suo apparato amministrativo richieda un elevato numero di persone e perciò di edifici. L'amministrazione di Monaco ha perciò provveduto, tramite un'iniziativa chiamata "energy saving concept" (in tedesco ESK, Energie Sparung Konzept) a fare degli audit energetici sistematici per il 50% degli edifici amministrativi entro 2 anni, identificando così quali fossero quelli con il più alto potenziale energetico di risparmio e quindi su cui intervenire per primi. Di seguito il grafico ottenuto:

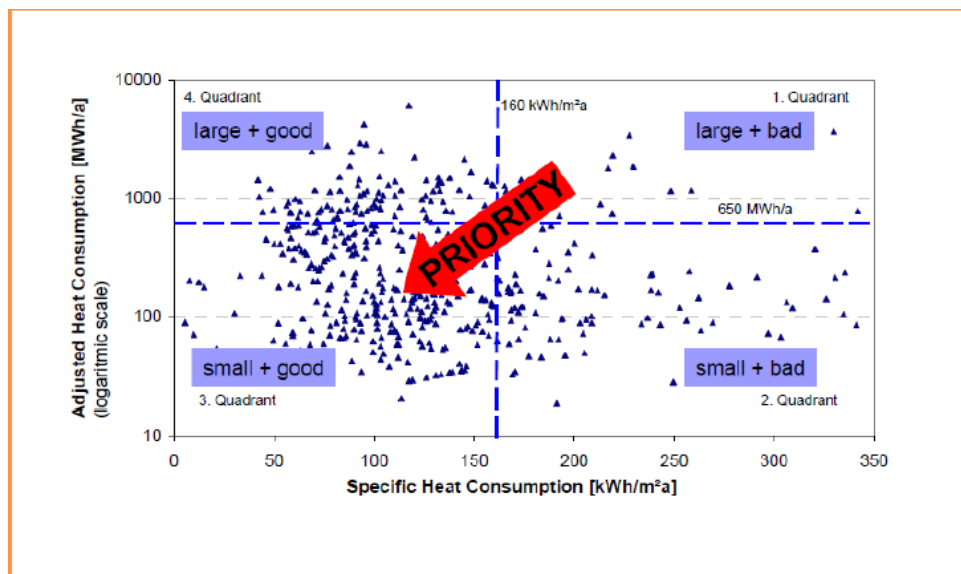


Figura 27, Grafico di potenziale risparmio energetico degli edifici pubblici della città di Monaco di Baviera. Fonte: *The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans*

Usando i risultati ottenuti si andrà ad agire sugli edifici aventi i valori più elevati di consumi specifici di calore annuali (ascissa) che di consumi assoluti (ordinata). Così facendo, si privilegiano gli edifici per cui si possono avere i migliori risultati dal punto di vista di risparmio energetico e conseguente riduzione delle emissioni, e si ottimizzano le risorse a disposizione. La città di Monaco inoltre ha fornito un PAES molto completo e dettagliato, con una lista di iniziative che si intendono intraprendere nell'ambito dell'edilizia pubblica e privata. Nell'ambito dell'efficienza energetica residenziale, è previsto un articolato piano d'incentivazione alla riqualificazione edilizia, per cui viene fornito un innalzamento del budget a disposizione degli incentivi alle iniziative di miglioramento e riqualificazione energetica degli edifici residenziali da 10 a 14 milioni di € all'anno, a causa della crescita delle domande di ingresso nel programma d'incentivazione. Grazie a tale

aumento di budget si possono stimare tutti gli effetti positivi che esso ha nei vari programmi d'incentivazione. Nella descrizione della strategia infatti è fornita una tabella complessiva in cui sono descritte tutte le iniziative finanziate nell'anno 2009 con un budget di 10 milioni di €, ed è fornita la stessa tabella per il 2010 con un budget di 14 milioni di €. Si ricava in totale che, grazie a tale aumento di budget, è stato possibile stimare un calo complessivo di emissioni di CO<sub>2</sub> di 112.470 tonCO<sub>2</sub><sup>12</sup>. Va precisato come tale valore sia da aggiungere alla riduzione precedentemente ottenuta con il budget standard; il valore pre-innalzamento budget di riduzione complessiva è stimato in 226.474 tonCO<sub>2</sub>, quello successivo all'innalzamento è di 338.945 tonCO<sub>2</sub> complessive. La stima della riduzione complessiva viene effettuata dal documento stimando gli anni di vita utile di ciascuna strategia implementata e sostenuta dall'incentivazione, che variano da un minimo di 15 anni a un massimo di 40 anni. Tale valore viene poi moltiplicato per la stimata riduzione annuale di CO<sub>2</sub> prevista per ogni singola strategia, in modo tale da ottenere il valore totale di riduzione che si suppone di conseguire. Il PAES stima chiaramente, in aggiunta al valore complessivo, un valore di riduzione annuale grazie all'implementazione delle strategie legate al budget degli incentivi pari a 12.619 tonCO<sub>2</sub>/anno.

il PAES della città bavarese stima, usando i dati sopra riportati (del 2009), un rapporto costi-benefici pari a 36€/tonCO<sub>2</sub> per il programma d'incentivazione delle ristrutturazioni delle case private, fornendo un calcolo effettuato sulla stima di riduzione complessiva.

Si può intuire come questo sia un valore di rapporto costi-benefici a dir poco ottimo, ed indicativo del potenziale che si può ottenere in tale settore<sup>13</sup>. In aggiunta al piano d'incentivazione diretta, è previsto un parallelo piano di miglioramento dell'efficienza di tutti gli edifici pubblici da parte dell'amministrazione cittadina. Di seguito un estratto della tabella, relativa alle incentivazioni erogate a seguito dell'aumento del budget previsto a 14 milioni di €:

Maßnahme	Anzahl	Errechneter Betrag	Endenergie-einsparung [MWh/a]	CO <sub>2</sub> - Einsparung direkt [t/a]	Lebensdauer Maßnahme [a]	CO <sub>2</sub> - Einsparung kumuliert [t]
Sanierungsplan Niedriger Wärmeenergiebedarf	80	72.071				
Sanierungsplan 100%ige Wärmeversorgung mit EE	26	26.128				
zusätzlicher Sanierungsplan Barrierefreiheit	15	17.747				
Qualitätssichernde Baubegleitung	87	112.776				
Wärmeschutz Außenwand/Fenster	215	1.155.195	9.821	2.211	40	88.427
Münchener Standard Niedriger Wärmeenergiebedarf	119	9.637.510	9.805	2.286	40	91.451
Passivhaus	13	695.161	693	163	40	6.525
Bonus Ökologische Dämmstoffe	65	234.833				
Fernwärme	90	165.904	856	5.033	20	100.667
Kraft-Wärme-Kopplung	26	170.884	-2.210	456	15	6.833
Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen	78	88.326	210	44	15	664
Thermische Solaranlagen	585	1.326.087	4.793	1.069	20	21.371
Sondermaßnahmen	26	268.036	2.070	828	15	12.427
Sonderförderung Biomasse	20	29.341	-6	529	20	10.580
<b>Summe Hochrechnung 2009 auf 14 Mio €</b>	<b>1.441</b>	<b>14.000.000</b>	<b>26.032</b>	<b>12.619</b>		<b>338.945</b>

Figura 28, Tabella di riporto delle strategie incentivate tramite aumento del budget dedicato. Fonte: IHKM, Integriertes Handlungsprogramm Klimaschutz in München (Programma integrato di azioni di difesa climatica della città di Monaco); allegato al PAES cittadino; pag. 8 (in tedesco)

L'allegato 1 al piano energetico cittadino fornisce inoltre una notevole quantità di dati molto precisi su tutti gli interventi effettuati nell'ambito di tali programmi; come si può vedere nella tabella soprastante. Le colonne recitano, da sinistra verso destra: "Numero", "Somma calcolata", "Risparmi di energia finale", "risparmio diretto di CO<sub>2</sub>", "durata di vita dell'iniziativa", "Risparmi di CO<sub>2</sub> totali". Sono listate sulle righe tutta una serie di iniziative incentivate, relative agli isolamenti degli edifici, al teleriscaldamento, ecc.

È chiaro come sia da apprezzare un approccio così rigoroso e chiaro verso le strategie di mitigazione climatiche, che non sempre si può riscontrare presso altri PAES locali. Va detto che chiaramente, per alcune iniziative, vi siano solo stime di effetti e costi, in quanto solo allo stadio iniziale di studio. Il bassissimo valore

<sup>12</sup> Fonte: IHKM-Integriertes Handlungsprogramm Klimaschutz in München (programma integrato di trattamento della difesa del clima nella città di Monaco); allegato al PAES cittadino; definisce le strategie operative, pag.8 (in tedesco)

<sup>13</sup> Fonte: PAES città di Monaco di Baviera (in tedesco); pag.24-25



di rapporto costi-benefici dimostra quanto potenziale vi sia nell'incentivazione alle ristrutturazioni e alla riqualificazione edile, e quanto interesse economico vi possa essere in tale campo. Inoltre gli ottimi risultati ottenuti mettono in evidenza come l'approccio incentivante sia sempre un'ottima strategia da utilizzare.

### 5.3 Iniziative in compartecipazione fra Amministrazione e privati

Restando nell'ambito dell'efficientamento energetico degli edifici, può essere interessante andare ad esaminare il caso di Bottrop, città della Germania di 118.000 abitanti. La città nel 2010 ha aderito ad un progetto chiamato "InnovationCity Ruhr", che mira a dimostrare come sia possibile in soli 10 anni dimezzare le emissioni di CO2 dovute agli edifici. Il progetto è ideato e finanziato dal gruppo "Initiativkreis Ruhr" ("Gruppo d'iniziativa per la Ruhr"), che consiste in un consorzio di oltre 70 imprese pubbliche e private tutte presenti nella regione. Il progetto è diretto da una compagnia chiamata "Innovaton management GmbH<sup>14</sup>"; che raccoglie cinque investitori chiave pubblici e privati. Tali investitori sono: il comune della città; la principale agenzia immobiliare locale, la società d'iniziativa del progetto, la più grande compagnia energetica locale e una società di consulenze per pubblico e privati. Si è dunque realizzata un'importante collaborazione fra stakeholders e compagnie private.

L'idea del progetto è di sperimentare su un quartiere generico di una città tutta una serie di idee riguardanti il risparmio energetico degli edifici: dal miglioramento della coibentazione all'installazione di pannelli fotovoltaici; dall'installazione di sistemi di pompa di calore al recupero del calore residuo delle acque di scarto. In parallelo è prevista la creazione di una banca dati di riferimento, da cui poter trarre esperienze e insegnamenti dai progetti già attuati.

Per realizzarlo è stata scelta un'area "pilota", visibile nella mappa seguente:

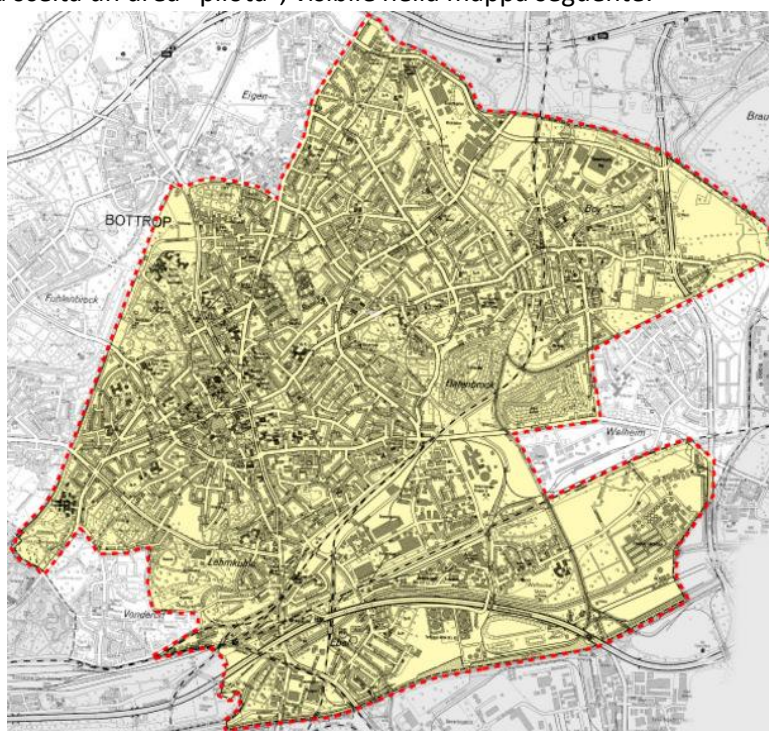


Figura 29, Area pilota scelta per il progetto "InnovationCity". Fonte: <http://www.icruhr.de/index.php?id=133&L=1%27> pagina del sito ufficiale del progetto (in tedesco).

Tale area è stata scelta in quanto racchiude tutti vari tipi di edifici che si possono trovare in una città: case residenziali, industrie, attività commerciali, terziarie, ecc. In totale, vi sono circa 67.000 abitanti e 14.474 edifici presenti nell'area. Di questi, circa 12.500 sono edifici di tipo residenziale; e di tali edifici residenziali ben 10.500 sono case singole private. Risulta chiaro da questi numeri come, per avere una sostanziale

<sup>14</sup> GmbH= *Gesellschaft mit beschränkter Haftung*; in italiano Società a responsabilità limitata o Srl.

riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, sia essenziale spingere sul settore delle case private; che costituiscono la maggioranza degli edifici presenti in una città. Si sono intraprese una serie di iniziative volte alla riduzione delle emissioni di gas serra da parte di tutti questi edifici. La prima cosa essenziale che è stata eseguita è stata il censimento preciso degli edifici, della loro destinazione d'uso, dei consumi energetici, ecc. Così facendo si sono raccolti quanti più dati possibili, per avere poi elaborazioni più complete. A seguito di tale raccolta dati, è stata fatta un'intensa e capillare campagna informativa dei vantaggi che può portare una riqualificazione energetica per un edificio residenziale (è stata mandata una lettera per ogni domicilio). Il coinvolgimento della cittadinanza è stato attuato anche tramite iniziative di tipo pubblico e pubblicità mirate. Inoltre, è stata offerta gratuitamente dall'amministrazione una prima consulenza gratuita sulle misure da effettuare per migliorare il risparmio energetico del proprio edificio. Tramite l'analisi dei dati del consumo energetico infatti, è stato possibile per l'ufficio creato appositamente ("centro per l'informazione e la consulenza" - in tedesco "Zentrum für Information und Beratung – ZIB") fornire delle soluzioni su misura per migliorare l'efficienza energetica. Grazie al coinvolgimento della comunità è stato inoltre possibile creare, per ciascun distretto coinvolto nel progetto, creare un comitato che sovrintendesse alla decisione e attuazione dei progetti; tale comitato inoltre ha un ruolo fondamentale per prendere le decisioni a livello locale, in modo da rispondere ai bisogni più sentiti dalla comunità. Tale comitato è coordinato da un "manager di distretto", che ha il compito di sovrintendere e coordinare le iniziative nei vari settori (residenziale, trasporti, generazione di energia, recupero calore, ecc.). I comitati hanno anche il compito di coinvolgere gli studenti e le scuole, per dar loro un'educazione improntata alla tutela dell'ambiente e, per gli studenti universitari, coinvolgerli in progetti di ricerca e di studio sull'argomento. È stato tenuto in considerazione anche l'aspetto informativo di tali progetti, creando una mappa tematica sul sito dedicato all'iniziativa che raccoglie tutti i progetti in esecuzione/esiugiti; di seguito un'immagine della stessa:

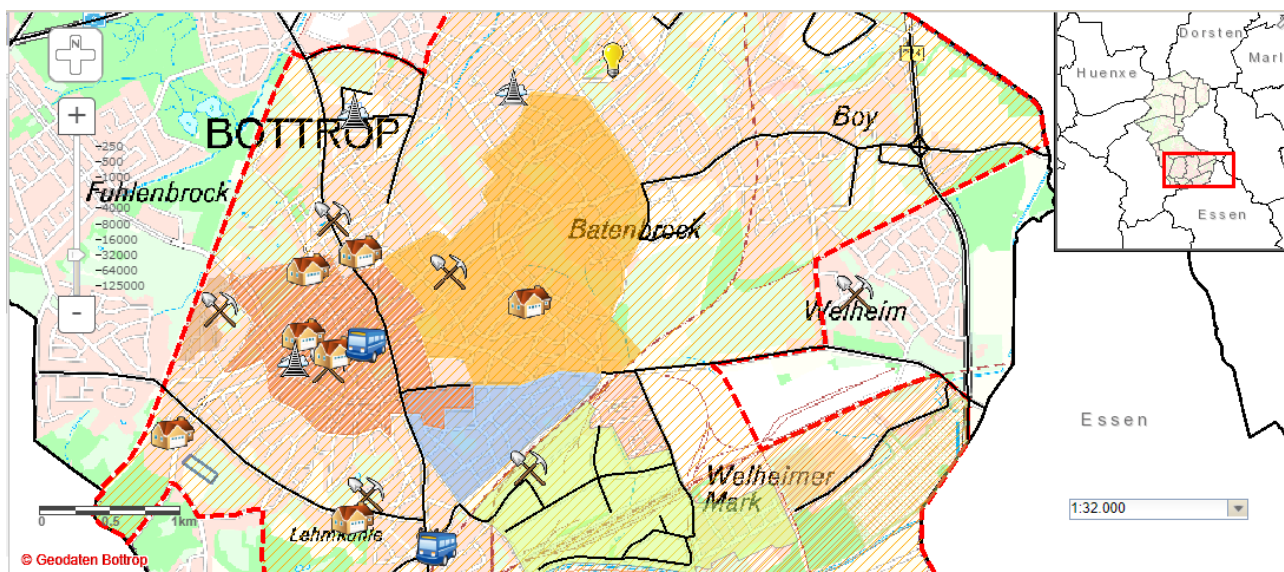


Figura 30; schermata della mappa tematica dei progetti nell'ambito dell'iniziativa "innovationCity"; reperibile presso il link <http://gis.bottrop.de/MapSolution/apps/map/client/innovationcity/icr> (in tedesco)

Tale strumento è di semplice ma efficace utilizzo, in quanto fornisce i dettagli di ciascun progetto avviato, l'ambito d'azione, la locazione geografica e il responsabile dello stesso.

Un esempio di riqualificazione edilizia per l'efficienza energetica nell'ambito di tale progetto si può osservare nell'iniziativa ZUKUNFTSHÄUSER+, o in italiano "case del futuro", che mira a riqualificare interamente degli edifici residenziali per ottenere che essi riducano i loro consumi energetici, le loro emissioni di gas serra e diventino "energy plus", ossia che producano più energia di quanta ne consumano. Tale iniziativa ha già reso "energeticamente positivi" una casa singola residenziale, un condominio e un centro commerciale. Gli edifici sono stati scelti tramite degli appositi concorsi con precisi requisiti; il più importante questi ad esempio era

quello di avere un tetto ampio per permettere l'installazione di un elevato numero di pannelli fotovoltaici per aumentare la produzione di elettricità.

Nel caso del centro commerciale si è effettuata una ristrutturazione profonda; usando: finestre a triplo vetro, illuminazione a LED e tramite fibre ottiche. Per la generazione di calore ed elettricità sono stati installati un sistema di pannelli fotovoltaici capace di produrre 26.000 kWh di potenza annui; in aggiunta ad esso è stato previsto un impianto eolico verticale che fornisca altri 300 kWh. Per il riscaldamento invece è stata installata una pompa di calore geotermica, abbinata ad un sistema di teleriscaldamento per i carichi di punta. In aggiunta è incluso un impianto di ventilazione ad elevatissima efficienza e un'ottima coibentazione per i muri e il tetto<sup>15</sup>.

Per la casa singola si sono usati accorgimenti simili: l'installazione di un impianto fotovoltaico (con capacità di produzione di 3.500 kWh) abbinato a degli accumulatori di corrente per immagazzinare l'energia; si sono coibentati i muri e i tetti e si sono installate finestre a triplo vetro; l'impianto elettrico è stato completamente rinnovato ed inoltre è stato implementato un sistema di gestione degli elettrodomestici e degli impianti locali tramite app su smartphone. Analogamente al caso precedente, anche in questo caso per il riscaldamento si è installata una pompa di calore invertibile di tipo geotermico (suolo-acqua); con un allacciamento al teleriscaldamento per coprire i carichi di punta.



*Figura 31; foto della casa riqualificata all'interno del programma "ZUKUNFTSHÄUSER+". Fonte: InnovationCity Ruhr – Model City Bottrop: revitalizing an industrial region through low-carbon redevelopment and active public-private partnerships*

Usando questa combinazione di miglione tecnologiche, tale edificio ha ridotto drasticamente i suoi consumi e si avvia a essere capace di produrre più energia di quanta ne consumi. I risultati di tale progetto, dopo un anno dalla conclusione, parlano di un calo dell'energia utilizzata del 99% (!) e di un autoconsumo di energia elettrica pari al 60%.

---

<sup>15</sup> Descrizione del progetto recuperata presso l'URL

[https://www.bottrop.de/innovationcity/aktuelles/151016\\_Covestro\\_Zukunftshaus.php](https://www.bottrop.de/innovationcity/aktuelles/151016_Covestro_Zukunftshaus.php) (in tedesco)

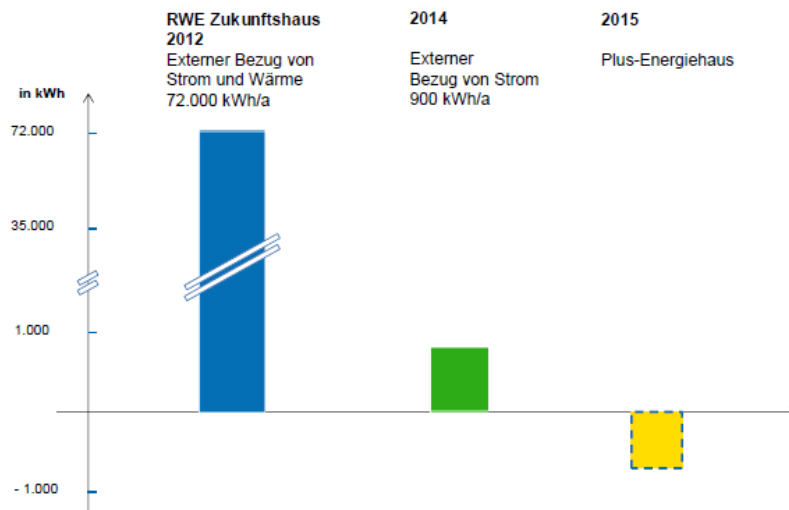


Figura 32, calo dei consumi elettrici registrati in un anno nella casa del progetto "Zukunftshause". Le didascalie recitano "RWE Zukunftshaus 2012-riciesta esterna di corrente e calore"- "2014-riciesta esterna di corrente"- "2015-casa a energia positiva".  
Fonte: Ein Jahr RWE Zukunftshaus: Präsentation Zwischenbilanz  
("Un anno di RWE Zukunftshaus: presentazione bilancio intermedio")

Inoltre, si è registrata una soddisfazione pressoché totale degli abitanti della casa a seguito dei lavori di ristrutturazione. Tale progetto è stato possibile grazie alla compartecipazione di oltre 30 compagnie industriali, ciascuna delle quali ha usato le sue conoscenze e i suoi prodotti per arrivare al traguardo di avere una casa a consumi nulli.

La criticità principale di questo progetto è chiaramente il costo. È stato stimato infatti che il costo totale degli interventi di ristrutturazione e installazione degli impianti ammonti a circa 540.000 €<sup>16</sup>; costo insostenibile per una famiglia media. Inoltre, il risparmio mensile è di circa 500€ per le mancate bollette; risulta chiaro come il tempo di ritorno sia spaventosamente lungo e dunque non conveniente per una famiglia. Bisogna comunque tenere presente che tale progetto è stato fatto con scopi dimostrativi; per rendere più sostenibile tale idea non è necessario rendere a consumi zero una casa, ma semplicemente renderla più efficiente. Nel caso in esame tutti i materiali necessari sono stati messi a disposizione dalle varie ditte interessate, mentre la famiglia residente ha pagato il solo costo della manodopera (che comunque non è basso).

In generale, nell'ambito dell'iniziativa InnovationCity sono stati attivati oltre 300 progetti riguardanti tutti gli ambiti della vita cittadina, e tutti volti a ridurre le emissioni di gas serra.

I risultati complessivi sono stati molto incoraggianti. Grazie ai progetti già conclusi e a quelli già iniziati (e dunque di sicura conclusione) si stima al 2020 una riduzione di 100.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>, ossia di 10.000 ton/anno. In termini relativi, tale valore corrisponde al 38% di riduzione rispetto all'anno 2010. In aggiunta a questo, si è raggiunto un tasso di rinnovamento degli edifici del 3%, oltre il triplo di quello standard tedesco (circa l'1%) e quasi sei volte quello italiano (0,56%)<sup>17</sup>. Grazie al servizio di consulenze offerte, nel distretto pilota si è potuto raggiungere, per l'anno 2013, un tasso di rinnovamento del 7,53%<sup>18</sup>. Tale risultato è a dir poco straordinario, quasi 15 volte il dato italiano.

Una delle chiavi di tale successo risiede nell'offerta gratuita del primo incontro del servizio di consulenza per l'efficienza energetica offerto ai proprietari di casa. In aggiunta a tale incontro, sono presenti degli incentivi economici per le ristrutturazioni edilizie, che possono coprire fino al 25% delle spese complessive sostenute a tal fine.

<sup>16</sup> Fonte: <https://www.waz.de/mediacampus/fuer-schueler/zeus-regional/gelsenkirchen/die-zukunft-in-der-gegenwart-das-rwe-zukunftshaus-id9433257.html> (in tedesco); dato fornito dal CEO della compagnia responsabile del progetto.

<sup>17</sup> Fonte: Istat per il dato italiano; InnovationCitynews: Summary of half-time results 2015 per il dato tedesco.

<sup>18</sup> Fonte: InnovationCity Ruhr – Model City Bottrop: revitalizing an industrial region through low-carbon redevelopment and active public-private partnerships

Inoltre, l'estesa campagna di ristrutturazione degli edifici ha portato alla creazione di circa 300 posti di lavoro, tutti impiegati nel settore dell'efficienza energetica. Gli investimenti complessivi sono stimati in 290 milioni di €, di cui 183 impegnati in progetti già in fase d'attuazione. Il comune in realtà ha impegnato 29 milioni di fondi propri, di cui buona parte sono serviti a stimolare gli investimenti da parte dei privati. Si può quindi stimare un rapporto costi-benefici annuale di 29.000€/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Andando invece a stimare tale rapporto nell'arco dei dieci anni complessivi previsti dall'iniziativa, si ottiene un valore di 2.900 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Tale rapporto poi può ulteriormente abbassarsi se si fa una stima sulle vite utili delle varie iniziative. Assumendo infatti un minimo di 35 anni di vita tecnica delle iniziative di riqualificazione residenziale come valore più cautelativo possibile, e facendo riferimento per semplicità al 2010 come anno di inizio del progetto e rispetto a cui calcolare la vita utile, si ha un rapporto complessivo costi-benefici pari a 829 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. In aggiunta agli indubbi risultati pratici, bisogna considerare anche tutte le possibilità di sperimentazione che vengono fornite da tale progetto. Molte università e enti di ricerca sono infatti stati coinvolti per studiare come poter sviluppare una città in modo eco-sostenibile e neutrale dal punto di vista delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Vi è quindi la possibilità di studiare la pianificazione dello sviluppo urbano, per applicarlo a casi futuri. È stato possibile osservare inoltre come sia fondamentale coinvolgere e ottenere una partecipazione attiva da parte della cittadinanza, per avere un sostegno anche "dal basso" verso tali progetti. Così facendo inoltre è più facile ottenere un'accettabilità sociale relativa alle varie iniziative. Si può quindi affermare come il modello di business e di progettualità lanciato da questa iniziativa sia assolutamente interessante e merita di essere riproposto per altre città europee. L'iniziativa infatti ha riscosso molto interesse a livello europeo e anche mondiale, ricevendo numerose visite di giornalisti e di delegazioni universitarie.

#### **5.4 Approccio tramite imprese ESCO**

Per spingere verso la riqualificazione degli edifici, sia pubblici che privati, si può usare anche un approccio differente rispetto a quello dei singoli incentivi. L'idea alternativa può essere quella di far sviluppare delle imprese di tipo ESCO, per rendere meno onerosi per i cittadini (e per le casse pubbliche) gli investimenti. Si richiama rapidamente l'idea di fondo di una ESCO (Energy Service Company). La compagnia fa un audit energetico di un edificio e ne stima i potenziali risparmi. D'accordo con il proprietario dell'immobile, procede agli interventi ritenuti necessari e economicamente vantaggiosi, sostenendone i costi. La ESCO viene poi ripagata tramite i risparmi economici ottenuti dal cliente privato sulle proprie bollette. Questo modello è stato sfruttato dalla municipalità di Vantaa, in Finlandia. Tale amministrazione ha infatti lanciato un progetto di risparmio energetico sfruttando un'impresa di tipo ESCO per riqualificare energeticamente i propri edifici pubblici. L'iniziativa prevede di riqualificare 14 edifici pubblici nell'arco di otto anni. Si stima per questo progetto un investimento complessivo di 1,5 milioni di €, che sarà sostenuto interamente dall'ESCO, senza dunque alcun peso sulle finanze cittadine. Sono stati quantificati dei possibili risparmi dell'ordine di 30.100 MWh di energia (sia elettricità che di calore), corrispondenti a circa 7.500 tonCO<sub>2</sub> nell'arco degli 8 anni del progetto. Si avrebbe un rapporto di 937,5 tonCO<sub>2</sub>/anno ridotte. È possibile stimare, con i dati forniti, un rapporto costi-benefici di 200€/tonCO<sub>2</sub> ridotta nell'arco degli 8 anni del progetto; e va aggiunto come tale costo sia a carico della sola ESCO<sup>19</sup>. Se invece si va a fare tale stima su una vita utile di almeno 20 anni per le iniziative, si ricavano 80 € investiti/tonCO<sub>2</sub> ridotta.

Uno dei criteri imposti dal committente, ossia l'amministrazione cittadina, è stato quello di una garanzia del 100% sui risparmi, cioè la certezza assoluta di efficacia degli interventi che si andranno a effettuare. Un criterio di questo tipo chiaramente non consente di sperimentare soluzioni innovative, ma di affidarsi su quanto è già testato sul mercato. Questa può essere una criticità dell'iniziativa, essere limitante nei confronti delle nuove soluzioni. Inoltre, la definizione delle linee base rispetto a cui calcolare il risparmio conseguito è argomento complesso e oggetto spesso di lunghe trattative, in quanto ciascuno dei committenti prova a definire condizione per lui più vantaggiose. Ciò non toglie come questo approccio possa essere molto

---

<sup>19</sup> Fonte: [http://mycovenant.eumayors.eu/docs/benchmarks/docs/150293\\_1438865079.pdf](http://mycovenant.eumayors.eu/docs/benchmarks/docs/150293_1438865079.pdf)

vantaggioso poiché non comporta impegni finanziari gravosi per le casse pubbliche, e può perciò essere visto come attraente dagli amministratori che debbano fare di necessità virtù, date le recenti ristrettezze economiche.

Un approccio analogo è stato adottato dalla città di Umeå, in Svezia. Tale città ha infatti stipulato una serie di contratti a prestazione energetica (EPC, Energy Performing Contract) con delle ESCO per l'efficientamento di 120 edifici comunali per ridurre i consumi. Gli edifici sono adibiti a vari usi: case residenziali, edifici amministrativi, scuole, piscine, biblioteche, ecc. Per migliorarne le prestazioni energetiche, sono stati studiati tutti i consumi e si sono andate a sostituire gli apparati vecchi. I maggiori benefici si sono avuti dalla sostituzione dell'illuminazione, degli impianti di ventilazione e da un miglior isolamento termico con l'esterno. L'iniziativa è stata lanciata nel 2008, con uno stanziamento di circa 14,5 milioni di €. I risultati di tale iniziativa sono ottimi. Sono stimati, dall'amministrazione cittadina nell'arco di 5 anni, un calo dei consumi energetici del 17%, corrispondente a circa 6.111 tonCO<sub>2</sub>/anno eliminata. In termini economici, si ha avuto un risparmio complessivo pari a circa 5 milioni di €; si l'investimento quindi è sulla buona strada per essere recuperato. Si può quindi stimare un rapporto costi-benefici di 2.372 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta, con l'aggiunta del risparmio economico conseguito. Tali risultati sono stati ottenuti in 5 anni di progetto; si può perciò ricavare un valore complessivo di € investiti/tonCO<sub>2</sub> ridotta pari a 474,4 €/tonCO<sub>2</sub>. Si può anche calcolare tale valore facendo riferimento alla vita utile della riqualificazione energetica edilizia. Si stimano, generalmente, delle diverse vite utili per le varie tecnologie: circa 20 anni per gli impianti (riscaldamento, ventilazione, ecc.); fra i 30 e i 35 anni di vita per i nuovi serramenti e si arriva a 50 anni per gli interventi di miglioramento dell'isolamento termico dei muri. Assumendo un valore cautelativo di 20 anni, il più basso fra i tre ottenuti, si ottiene un valore di 118,6 € investiti/tonCO<sub>2</sub> ridotta.

Con i dati ottenuti, è possibile stimare un tempo di ritorno dell'investimento in circa 15 anni. Grazie a questo progetto di efficientamento tramite EPC è stato possibile ridurre i consumi specifici della città da 206 kWh/m<sup>2</sup> a 180 kWh/m<sup>2</sup>, un calo di oltre il 12%<sup>20</sup>. Anche questo caso conferma la bontà degli intensi investimenti nell'ambito edilizio, dimostrando come si possano ottenere ottimi risultati. Si è infatti potuto ottenere un calo sia dell'energia utilizzata pro-capite che dei consumi generali degli edifici efficientati. Di seguito un grafico dell'andamento dei consumi di energia negli edifici comunali:

---

<sup>20</sup> Dati sul progetto reperiti presso il link

<http://www.umea.se/umeakommun/byggaboochmiljo/energiochuppvarmning/arkiv/artiklarenergi/lyckatprojektger485miljonerkronoriminskadeenergikostnader.5.263c7e731546e5bb3d22694.html> (in svedese, sito dell'amministrazione cittadina); i valori economici sono espressi in SEK, convertiti al tasso di cambio attuale di 1 € = 9,58 SEK.

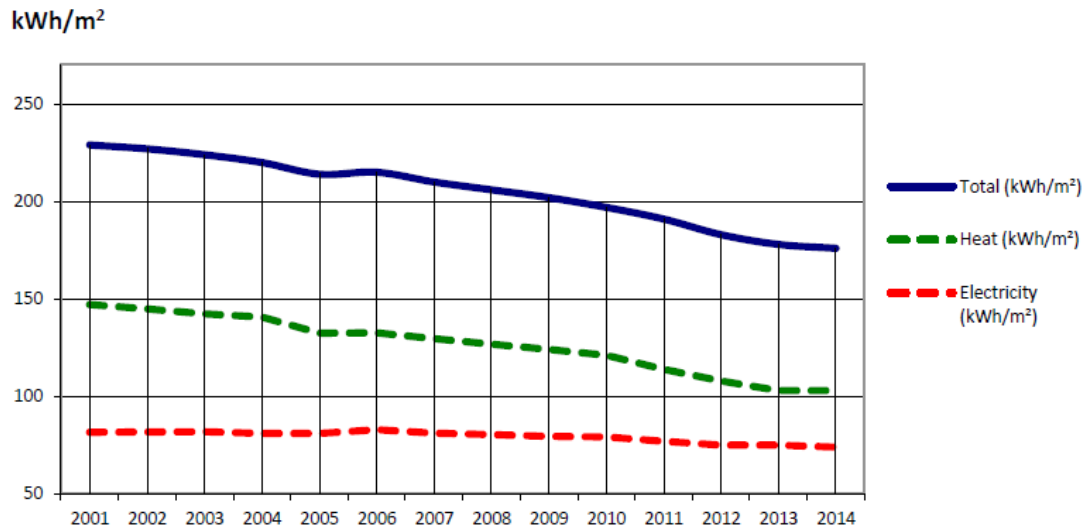


Figura 33, Andamento dei consumi di elettricità e calore negli edifici comunali della città di Umeå. Fonte: EGCA 2018, Umeå, Sweden. PDF scaricabile presso il seguente link <http://www.umea.se/download/18.65c1214d14f38ac155364e36/1446109853234/11.+Energy+performance.pdf>

Il calo ottenuto nei consumi è costante e notevole, soprattutto riguardante l'utilizzo di calore; a dimostrazione degli ottimi risultati che si possono ottenere in questo ambito. Il comune di Umeå ha inoltre avviato una collaborazione con la propria università per realizzare anche edifici residenziali privati a basso consumo energetico.

È chiaro come tale iniziativa abbia bisogno di un costante supporto politico e di un'attenta programmazione per avere successo, in quanto la definizione dei contratti di energy performance è spesso laboriosa e complessa. Resta comunque un approccio molto interessante in quanto non comporta un esborso diretto per l'amministrazione cittadina, e porta comunque dei vantaggi duraturi nel tempo e degli ottimi risultati. Va comunque precisato come le notevoli riduzioni nella domanda di calore si può ottenere in climi freddi come quello di tale città (Umeå è la città più a nord della Svezia), ove usando un'efficiente isolamento si può ridurre in modo efficace una domanda che è comunque costante durante tutto l'anno. In paesi dove vi è minor richiesta di calore si avrà un minor risparmio, sia energetico che economico, a parità d'investimento.

### 5.5 Tassa sulle emissioni residenziali: Carbon offset scheme

Un altro modo di incentivare la costruzione di edifici a emissioni ridotte può essere quello adottato dalla cittadina di Milton Keynes, nel Regno Unito. La città infatti ha introdotto un "carbon offset scheme", in cui, per ogni casa che viene costruita a seguito del lancio dell'iniziativa, il residente dovrà pagare una penale per ogni tonnellata di CO2 emessa. L'idea di fondo è semplice: per ogni nuova abitazione costruita, viene calcolata dai progettisti la quantità di CO2 che verrà emessa nel primo anno di utilizzo. Per ogni tonnellata di CO2, il progettista è tenuto a pagare una tassa di 200£ (=220 €)<sup>21</sup>. I proventi da tale tassa vanno in un fondo ambientale che serve a finanziare iniziative riguardanti l'efficienza energetica negli edifici domestici. Tale tassa si applica solo alle proprietà domestiche di qualunque tipo. Le iniziative finanziabili inoltre devono inoltre garantire una vita utile di almeno 20 anni complessivi, ed avere un rapporto costi benefici non superiore a 200£/tonCO2 ridotta; quindi si parla generalmente di interventi strutturali. L'idea è stata lanciata nel 2008, e ha consentito di subsidiare la ristrutturazione oltre 8.000 case domestiche (dati del 2014)<sup>22</sup>. I proventi di tale fondo sono stati utilizzati inoltre per finanziare una serie di altre iniziative volte al risparmio energetico, tra cui la "Milton boiler cashback scheme"; in cui si fornisce un incentivo pari a 150£ (=175 €) per

<sup>21</sup> 1£=1,10 €, tasso di cambio al giorno 13/08/2017

<sup>22</sup> Fonte dati: <http://www.nef.org.uk/about-us/insights/milton-keynes-pioneering-carbon-offset-fund-six-years-on>

la sostituzione delle vecchie caldaie per la fornitura di acqua calda sanitaria in ogni tipo di proprietà edilizia. Un altro progetto che è stato possibile finanziare tramite tale fondo è stato quello del rinnovamento dell'illuminazione nelle case dei residenti. Si sono sostituite principalmente vecchie lampadine alogenate e a tungsteno con nuove lampadine a tecnologia LED, il tutto senza costi a carico dei residenti. A fronte di una spesa quantificata in 40.451£ (=44.510 €), sono state sostituite circa 10.000 lampadine, grazie a cui è stato stimato un risparmio annuale di emissioni pari a 512 ton CO<sub>2</sub>/anno; si ha quindi un rapporto costi-benefici annuale di 87 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta; se si va a fare tale stima sulla vita tecnica di una lampadina, assunta pari a 5 anni, si ottiene un rapporto complessivo costi benefici pari a 17,4 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Si vede come bastino anche progetti semplici come questo per ottenere degli ottimi risultati in termini di rapporto costi-benefici, nonché di coinvolgimento della cittadinanza nelle tematiche di tipo ambientale ed ecologico, cosa sempre più importante. Grazie a questo fondo, sono stati finanziati anche un'altra serie di progetti, ciascuno con dei buoni risultati. Di seguito la tabella stilata dal Consiglio Comunale della città relativa ai progetti finanziati:

Projects	CO <sub>2</sub> (Tonnes)
	Estimated total CO <sub>2</sub> savings per year
Insulation schemes	2,995
Sheltered Housing Project	200
Light Bulb Amnesty (2009)	173
Social Housing Project	547
Lakes Estate project	608
Boiler Cashback scheme	1,049
School & public buildings	35
Solid Wall Insulation (DECC Project)	11
Age UK Energy Checks	67
LED Light bulb swap (2015)	512
<b>TOTAL CO<sub>2</sub> Savings</b>	<b>6,197 tonnes</b>

Figura 34, Progetti finanziati dal Carbon Offset Scheme della città di Milton Keynes e stima delle riduzioni di CO<sub>2</sub> ottenute. Fonte: Review of Carbon Offsetting Approaches in London; National Energy Authority (UK), 2016.

I costi totali di tutte le iniziative sono stimati in circa 1,72 milioni di €. In totale quindi, facendo delle stime generali, si può stimare un rapporto costi benefici annuale di 277 € /tonCO<sub>2</sub> ridotta all'anno; principalmente grazie all'efficientamento degli isolamenti degli edifici, ai rinnovamenti degli impianti di riscaldamento e al miglioramento dell'illuminazione residenziale. Se si fa una stima di tale valore basandosi sulla vita utile delle varie iniziative, e assumendo 20 anni di vita utile per tutte le tecnologie come valore conservativo (tipico per la sostituzione degli impianti termici), si ottiene un valore di 13,9 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. La sostituzione di impianti vecchi con nuovi più moderni ed efficienti e il miglioramento dell'isolamento termico degli edifici sono le principali ragioni di un valore così basso di rapporto costi-benefici.

Tutti questi processi hanno contribuito al trend generale di calo delle emissioni di CO<sub>2</sub> ottenuto dalla città in questi anni, come indicato nella figura successiva:



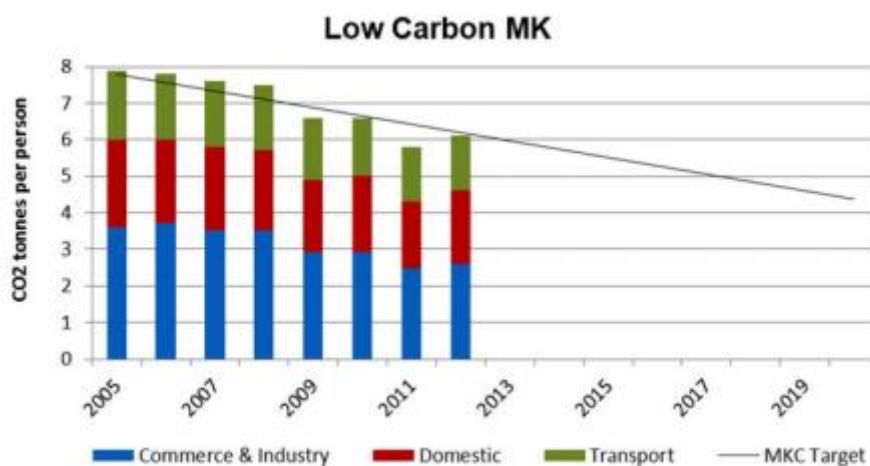


Figura 35, Andamento delle emissioni pro-capite per la città di Milton Keynes al 2012. Fonte: Imagine MK 2050 Strategy

L'iniziativa ha contribuito al calo delle emissioni pro-capite nel settore domestico e commerciale. L'aumento nel 2012 complessivo è spiegato, nel documento fonte del grafico, con un aumento dell'utilizzo del riscaldamento a causa di temperature più rigide, e di un aumento dell'utilizzo di carbone per la produzione elettrica nazionale; ambedue fattori che non possono essere influenzati a livello locale.

La principale difficoltà di tale iniziativa sta chiaramente nella necessità di una forte volontà politica a sostegno di tale schema. Imporre tasse alla collettività è sempre osteggiato e può essere sfruttato a fini politici e di propaganda; è necessario quindi che l'amministrazione sia compatta e risoluta nel voler introdurre un concetto simile, e lo continui senza ripensamenti. Un'altra difficoltà è che l'incentivo offerto non sempre è sufficiente per rendere accessibili alcune misure, soprattutto quelle più innovative e perciò più costose. È indubbio comunque come tale idea abbia dato un contributo fondamentale alle ristrutturazioni edilizie per l'efficienza energetica. Inoltre, l'idea è stata poi ripresa a livello locale in molte altre parti del Regno Unito, in maniera più o meno simile a quella introdotta dalla città di Milton Keynes.

## 5.6 Azione diretta dell'Amministrazione comunale: riqualificazione di edilizia popolare

Restando in tema di riqualificazione edilizia residenziale, non si può trascurare neanche i contributi diretti che l'amministrazione può fornire. Il comune infatti è, in quasi ogni città europea, proprietario di una serie di edifici residenziali, le cosiddette "case popolari", da destinare alle fasce sociali più deboli ad un canone agevolato, per consentir loro di avere un alloggio. Molto spesso l'edilizia di questo tipo non ha seguito alcun tipo di criterio volto al risparmio energetico, ed è perciò essenziale riqualificare direttamente tali edifici al fine di ottenere una maggiore efficienza nei consumi dagli stessi; visto che spesso è l'amministrazione a sostenere le spese di consumi e utenze. Un esempio di ristrutturazione diretta delle case popolari da parte del comune è fornito dalla municipalità di Vila Nova do Gaia, in Portogallo. È una città di oltre trecentomila abitanti nell'area urbana di Oporto, con molte case popolari costruite negli anni '70 per soddisfare la grande domanda di case a basso prezzo legata all'immigrazione dalle campagne in città. L'amministrazione cittadina ha lanciato un vasto progetto per recuperare e riqualificare a livello abitativo il quartiere popolare di Vila D'este, rendendolo a oggi il più grande progetto di recupero edilizio presente in Europa. La riqualificazione è necessaria per abbattere i consumi energetici degli edifici presenti nel quartiere. Il progetto ha inizialmente svolto uno studio approfondito ed accurato degli edifici presenti nel quartiere, per verificare quali fossero le aree di maggior criticità a livello di dispersione energetica. A seguito di questo, sono stati installati tetti con un maggior isolamento termico; sono stati migliorati gli isolamenti termici dei muri usando 5 cm di spessore di polistirene estruso espanso. In aggiunta, sono stati rimpiazzati gli infissi e le finestre con altri più performanti dal punto di vista energetico. Grazie a questi interventi, è stimata una riduzione delle dispersioni

del 43% per le nuove facciate e per il tetto, e di un'addizionale 3% grazie alle nuove finestre. Si può osservare di seguito un grafico del calo dei consumi all'anno:

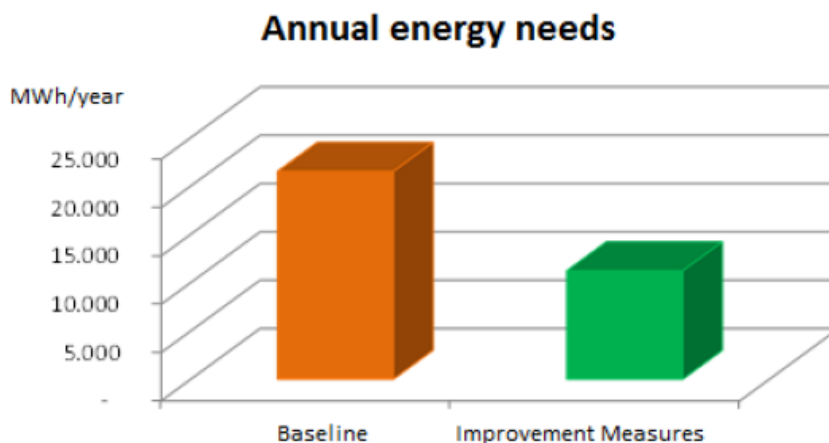


Figura 36, variazione dei consumi annui di energia a seguito della ristrutturazione edilizia del quartiere di Vila D'este. Fonte: Vila D'Este Social Housing Energy Rehabilitation; Autore: Energaia, Agência de energia do sul da área metropolitana do Porto

La riduzione complessiva del fabbisogno energetico delle abitazioni è stimata in un 40% complessivo, principalmente grazie al miglioramento dell'isolamento nelle facciate e nei tetti. Inoltre, si è ottenuto anche un miglioramento delle condizioni ambientali generali e di comfort all'interno delle abitazioni stesse, grazie ad una migliore e più efficiente ventilazione degli appartamenti. Di seguito un esempio di come si presentino ora gli edifici ristrutturati:



Figura 37, fotografie degli edifici prima e dopo la riqualificazione energetica.

Fonte: Vila D'Este Social Housing Energy Rehabilitation; Autore: Energaia, Agência de energia do sul da área metropolitana do Porto

In totale, si stima un potenziale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di 4.800 tonnellate all'anno; e un risparmio economico netto per il comune di 1,3 milioni di € all'anno. L'investimento complessivo per tale progetto è stato di 15 milioni di €, di cui il 30% è stato finanziato direttamente dall'amministrazione comunale, mentre il restante 70% è stato ottenuto dal fondo nazionale portoghese per la riqualificazione energetica. Si può quindi calcolare un tempo di ritorno dell'investimento di circa 11,5 anni. Va però tenuto presente che tale calcolo presuppone un prezzo dell'energia costante. Se invece i prezzi dell'energia dovessero aumentare, il risparmio economico derivante dal mancato consumo energetico aumenterebbe e di conseguenza si ridurrebbe il tempo di ritorno dell'investimento. In aggiunta, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale di 3.125 € investiti-anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Anche questo valore, relativamente basso, va a conferma delle grandi potenzialità d'intervento che vi sono nel settore dell'edilizia e dell'efficienza energetica, e di quanto ampiamente possano essere sfruttate. Se si va a fare la stima di rapporto costo benefici sull'intera

durata dell'iniziativa, si può procedere come segue: si assume una vita utile delle tecnologie di 30 anni (valore più conservativo per nuovi serramenti e finestre), e si ottiene perciò un rapporto costi-benefici complessivo pari a 105 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Il risultato risulta parimenti indicativo delle grandi potenzialità di riduzione delle emissioni di gas serra che si possono avere nel settore residenziale.

## 5.7 Rinnovamento degli impianti negli edifici

Un metodo molto più semplice ed economico per ridurre i consumi resta quello di migliorare gli impianti degli edifici, invece che efficientare gli edifici stessi. Un esempio pratico di questa strategia può essere fornita dal comune di Genova, che in 4 anni (dal 2010 al 2013) ha sostituito tutti i 159 vecchi impianti di riscaldamento ad olio combustibile con impianti più moderni a gas naturale negli edifici di proprietà dell'amministrazione. Tale strategia di sostituzione è stata messa in atto sfruttando degli incentivi fiscali messi a disposizione dal Governo Italiano in materia (nel dettaglio, è stata prevista una detrazione fiscale del 55%). I costi di tale iniziativa sono stati valutati in 305.665€, e si è stimato un calo delle emissioni di CO<sub>2</sub> di 12.664 ton/anno (dato fornito in ton eq; perciò si tiene conto anche delle riduzioni di emissioni derivanti da altri gas serra). Si ha quindi un rapporto costi benefici di 24,14 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta all'anno. Se si va a stimare il rapporto costi-benefici sull'intera vita utile dell'impianto (assumendo 20 anni come vita utile di un nuovo impianto termico), si ottiene un valore di 1,027 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta, un valore di gran lunga inferiore agli altri visti finora. Questo risultato è facilmente spiegabile tenendo presente che tutti gli impianti sostituiti erano estremamente vecchi e funzionanti a olio combustibile; è perciò facile ottenere un drastico calo delle emissioni di CO<sub>2</sub> e una maggiore efficienza sostituendoli con impianti più moderni. In aggiunta, si ottiene anche un calo di emissioni di gas inquinanti, quali PM<sub>10</sub> e NO<sub>x</sub>; il che va tutto a beneficio di una migliore qualità dell'aria e della salute pubblica. In aggiunta all'azione diretta da parte dell'amministrazione, è stato previsto anche un piano di incentivazione fiscale per i privati che intendano rinnovare i propri vecchi impianti di riscaldamento in casa.

È chiaro come tale iniziativa sia comunque un palliativo, in quanto è necessario intervenire in maniera più sostanziale e strutturata su tutti gli ambiti del settore residenziale per ottenere benefici duraturi, come mostrato dagli esempi precedenti. Ciò non toglie che questo possa comunque essere un buon punto di partenza per iniziative più profonde in futuro. Interventi simili di miglioramento dei singoli impianti possono riguardare anche l'illuminazione negli edifici o il miglioramento degli impianti di ventilazione. Un esempio di efficienza relativo alla ventilazione può essere trovato nell'iniziativa presa dalla municipalità di Helsinki, Finlandia. L'amministrazione comunale infatti ha installato presso 15 edifici comunali un sistema di ventilazione intelligente basato sulla domanda effettiva di ricambio d'aria all'interno di una stanza. Il sistema può regolarsi automaticamente misurando alcuni parametri significativi per il controllo dell'aria, come ad esempio la concentrazione di CO<sub>2</sub> all'interno della stanza. Un sistema di questo tipo, capace di autoregolarsi, può permettere di risparmiare fra il 20 e il 70% dei costi dell'energia, in base all'utilizzo precedente. Inoltre garantisce un miglior comfort ambientale per gli occupanti della stanza. Il comune di Helsinki ha installato un sistema di questo tipo su una serie di grandi stanze degli edifici pubblici (palestre, auditorium, sale conferenza, ecc.). Usando i dati forniti dalla sezione dedicata all'iniziativa sul sito del Patto dei Sindaci, si ottiene: un costo d'investimento pari a 354.000 €; una riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 247 ton/anno, a cui è associato un risparmio energetico di 1.454 MWh/anno<sup>23</sup>. Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale di 1.433 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Assumendo una vita utile degli impianti pari a 20 anni, si ottiene un rapporto costi-benefici totale di 71,65 €/tonCO<sub>2</sub> evitata. In aggiunta, vanno considerati gli effetti positivi di miglior comfort ambientale per gli occupanti e perciò un eventuale miglior produttività degli stessi.

---

<sup>23</sup> Il PAES della città è disponibile solo in finlandese, non è stato possibile verificare tali dati direttamente sul documento

## 5.8 Incentivi all'efficienza energetica nell'ambito dei processi industriali

Il comune può impegnarsi per raggiungere l'efficienza non solo tramite interventi diretti nell'ambito edilizio, ma anche offrendo servizi di consulenza a imprese e industrie per il miglioramento dei processi. Si può prendere ad esempio di questa iniziativa la città di Amburgo, che ha lanciato, ancora nel 2001, l'iniziativa "Unternehmen für Ressourcenschutz", ossia "Imprese per il risparmio delle risorse". La città di Amburgo ha per il 2020 un obiettivo di riduzione ambizioso, con un calo del 40% delle emissioni al 2020 rispetto al 1990. A oggi la città è sulla buona strada di riduzione delle emissioni, come si può osservare nel grafico seguente:

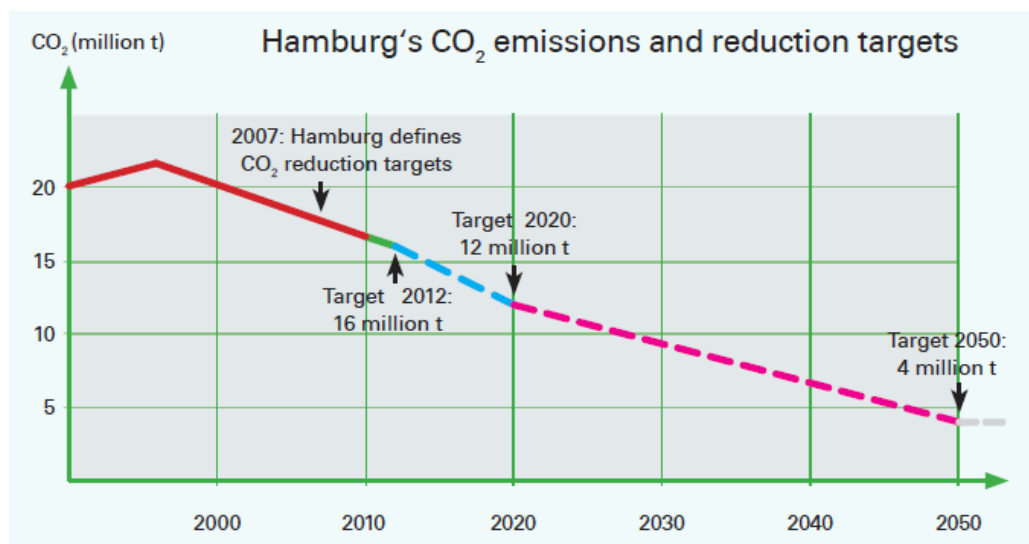


Figura 38, Andamento delle emissioni complessive della città di Amburgo (al 2010) e obiettivi al 2050. Fonte: The Hamburg Climate Action Plan, 2011 update. Pdf scaricabile al link:

<http://www.hamburg.de/contentblob/4028914/6bdf8a2548ec96c97aa0b0976b05c5d9/data/booklet-englisch.pdf>

Tale riduzione è stata conseguita grazie a una serie di iniziative in tutti gli ambiti. Di queste, di grande interesse è quella già nominata nel campo industriale.

L'idea consiste nel incentivare economicamente tutte le iniziative proposte da imprenditori o gruppi industriali che siano rivolte alla tutela dell'ambiente e ad un uso più efficiente delle risorse a disposizione. Il progetto è coordinato dall'Autorità cittadina per l'ambiente e l'energia, in tedesco "Hamburg behörde für Energie und Umweltschutz".

Il comune di Amburgo ha previsto un metodo di finanziamento che sia direttamente proporzionale alla riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> che si intende conseguire. Il pdf di descrizione dell'iniziativa infatti riporta una tabella in cui sono descritti dettagliatamente gli ambiti d'intervento e gli incentivi previsti in funzione delle riduzioni conseguibili<sup>24</sup>. Di seguito un estratto della tabella:

<sup>24</sup> Pdf ottenibile presso il link

[https://www.ifbhh.de/fileadmin/pdf/IFB\\_Download/IFB\\_Foerderrichtlinien/FoeRi\\_UFR.pdf](https://www.ifbhh.de/fileadmin/pdf/IFB_Download/IFB_Foerderrichtlinien/FoeRi_UFR.pdf) (in tedesco)

Technik	Mengenbereich Richtwert	Mengenbereich Richtwert
Sonstige elektrische Antriebe	<= 40 t <b>500,- Euro pro t CO<sub>2</sub></b>	> 40 t <b>100,- Euro pro t CO<sub>2</sub> + 16.000,- Euro</b>
Druckluft	<= 20 t <b>800,- Euro pro t CO<sub>2</sub></b>	> 20 t <b>100,- Euro pro t CO<sub>2</sub> + 14.000,- Euro</b>
Kälte	<= 40 t <b>700,- Euro pro t CO<sub>2</sub></b>	> 40 t <b>100,- Euro pro t CO<sub>2</sub> + 24.000,- Euro</b>

Figura 39, estratto della tabella illustrativa dei meccanismi d'incentivo ambientale alle imprese nel comune di Amburgo.  
Fonte: Förderrichtlinie: Unternehmen für Ressourcenschutz,

Le caselle recitano, dall'alto verso il basso e da destra verso sinistra: "Tecnologia", "Quantità per settore-valore di riferimento"; la colonna di sinistra ha "Altre unità elettriche", "Aria compressa", "Raffrescamento". Altri settori che vengono compresi nelle misure d'incentivo sono: il recupero del calore di scarto, la ventilazione, il riscaldamento. Si può vedere come si siano divisi gli incentivi in base alla grandezza della riduzione che si prevede di raggiungere. Tali incentivi sono previsti anche per risparmi di altre risorse, quali acqua o materie prime, che pure portano dei benefici ambientali.

È logico pensare che una riduzione più piccola possa essere più costosa, in termini di € investiti/tonCO<sub>2</sub> eliminata, in quanto non si riesce a conseguire un'economia di scala.

Insieme a questi, sono forniti anche i valori convenzionali di conversioni delle unità di energia in risparmi di CO<sub>2</sub>. Ad esempio, il documento fissa un fattore di conversione di 0,533 gCO<sub>2</sub>/kWh risparmiato, con cui si andranno a calcolare le tonnellate di CO<sub>2</sub> ridotte in un processo che ha come risultato utile il minor consumo di corrente. Lo stesso procedimento va utilizzato per risparmi di altri combustibili, con differenti fattori di conversione naturalmente. Il limite massimo d'incentivo per qualsiasi iniziativa è fissato in 100.000 €. Per le piccole e medie imprese, l'incentivo può arrivare a coprire fino al 30% della spesa complessiva; nel caso invece di imprese più grandi si arriva al massimo al 20% dell'investimento totale.

In aggiunta, tali incentivi sono previsti solo per iniziative aventi tempo di ritorno dell'investimento superiore a tre anni (e che necessitano quindi di uno stimolo economico per essere messe in atto). Insieme agli incentivi è fornito dall'autorità coordinatrice un servizio di consulenza sui problemi specifici di ciascuna impresa, in modo da poter individuare il progetto migliore per il caso in esame. Analogamente a altri casi già studiati, la prima consulenza di studio del sistema e individuazione del potenziale di risparmio energetico è gratuita e non vincolante, per incentivare così le imprese a entrare in questo programma senza alcun obbligo. Sono offerte poi a prezzo agevolato le consulenze specialistiche relative ai particolari settori (ad esempio: illuminazione, raffrescamento, riscaldamento, ecc), in cui l'impresa paga solo un terzo del prezzo totale, mentre il resto è coperto dall'autorità cittadina coordinante il progetto.

Un programma di incentivi di questo tipo dà i suoi frutti in una serie di iniziative che sono state intraprese per l'efficientamento energetico di alcune industrie. Un esempio può essere il seguente: per efficientare i processi produttivi di una ditta di lavorazione del legno, sono state implementate le seguenti strategie: recupero di calore con 2 scambiatori di calore ad aria dai processi di verniciatura; analogo recupero di calore dall'impianto di ventilazione, installazione di compressori a velocità di rotazione variabile per consentire il risparmio di corrente. Con queste misure è stato possibile risparmiare 250 tonCO<sub>2</sub>/anno, 180 MWh/anno di corrente elettrica e 600 MWh di energia ottenibile da combustibile. A fronte di un investimento complessivo 270.000 €, sono stati forniti dall'amministrazione 74.000 € sotto forma di incentivo diretto; e si è potuto

conseguire un risparmio annuale in termini economici di 45.500 € anno. È quindi possibile stimare un tempo di ritorno dell'investimento di:  $\frac{270.000-74.000}{45.500} = 4,30$  anni. Senza l'assistenza fornita dall'incentivo finanziario, il tempo di ritorno dell'investimento sarebbe stato di 5,93 anni. Si vede come si sia ridotto in modo non trascurabile tale valore, rendendolo più appetibile per un investitore. L'aiuto degli incentivi risulta quindi essenziale per sostenere dei simili programmi, e far sentire più tutelati gli investitori nel settore, che vedendo ridursi il tempo di ritorno sono più portati ad investire. Tutte le iniziative intraprese inoltre sono poi usate per fare know-how dei migliori metodi per ottenere efficienza energetica nei vari processi produttivi, in modo da avere già delle soluzioni standard da poter offrire a problemi tipici. Si crea così inoltre una rete di conoscenze e di professionalità fondamentale per la risoluzione dei vari problemi.

I risultati complessivi di questo programma sono riassunti al 2011; si sono ottenuti:

- Risparmi di emissioni di CO2 complessivi pari 155.000 tonnellate di CO2/anno
- 1.800 imprese partecipanti all'iniziativa
- 1.500 progetti sovvenzionati, di cui 1.200 conclusi
- 1.450 consulenze fornite e controlli energetici effettuati
- Investimenti complessivi di 172 milioni di €; grazie a cui si è potuto conseguire un risparmio di costi d'esercizio stimato in 21 milioni di €/anno
- Un risparmio energetico di 460.000 MWh/anno
- Risparmio di acqua potabile di 710.000 m<sup>3</sup>/anno, e di materiale prime di vario tipo di 26.400 ton/anno

Da questi dati si possono osservare i grandi traguardi raggiunti da questa iniziativa. Si ottiene inoltre un rapporto costi-benefici annuale di 1109,68 €/tonCO2 ridotta all'anno; con l'aggiunta positiva del risparmio economico ottenuto, che consente di stimare un tempo di ritorno complessivo sugli investimenti pari a 8,2 anni<sup>25</sup>. Tale tempo di ritorno è comunque un dato puramente teorico, in quanto sarebbe più corretto particolarizzarlo per i singoli investimenti fatti nell'ambito dell'iniziativa. Si può inoltre eseguire il calcolo del rapporto costo benefici sul totale degli anni del progetto. Per i 10 anni di riferimento del progetto (dati del 2011) si può ricavare un rapporto complessivo costi-benefici di 111 €/tonCO2 ridotta. Se si ipotizza, come valore più cautelativo possibile, una vita utile delle iniziative di 20 anni (impianti efficientati), e riferendosi al 2001 come data da cui si calcola tale valore (per semplicità, particolareggiare tale calcolo per ogni progetto sarebbe estremamente oneroso), si ottiene un risultato pari a 55,5 €/tonCO2 ridotta.

È dunque possibile ritenerla un'iniziativa estremamente interessante, sia per come è pensata che per i vantaggi che porta. Le richieste d'incentivo infatti sono in continua crescita, così come lo è il numero di progetti industriali che possono beneficiare degli incentivi forniti dall'amministrazione. Per il periodo di tempo che va dal 2013 al 2020 viene prevista, dal nuovo piano d'azione della città di Amburgo, una riduzione di ulteriori 173.000 tonnellate all'anno di CO2.

In aggiunta agli indubbi vantaggi ambientali, è necessario considerare anche che un simile programma genera anche delle esternalità positive sull'economia cittadina; aumenta gli investimenti nel settore e crea nuovi posti di lavoro grazie alla nascita di imprese dedicate nel settore dell'efficienza e del risparmio energetico, e dà stimolo alla ricerca delle tecnologie applicabili in tale campo.

La maggiore criticità sta chiaramente nel piano di finanziamenti. Un programma così ambizioso necessita di robuste risorse finanziarie alle sue spalle, e di un costante sostegno politico da parte di tutte le autorità coinvolte. Nel caso in esame, il sostegno finanziario è stato garantito sia dal comune cittadino che dalla banca locale, per garantire la disponibilità dei finanziamenti. Inoltre, l'autorità competente (in questo caso, l'autorità cittadina per l'ambiente e l'energia) deve valutare le richieste d'incentivo con attenzione e stimare correttamente gli effetti ottenibili, in modo da erogare il giusto ammontare degli stessi e non "drogare" il mercato favorendo un progetto a scapito degli altri. Infine, la definizione delle regole in base a cui garantire l'incentivazione e il valore stesso degli incentivi può essere oggetto di discussione e in generale può diventare

---

<sup>25</sup> Dati ottenuti da "Unternehmen für Ressourcenschutz Klima- und Ressourcenschutz in Unternehmen durch Kooperation, Vernetzung und Förderung"; reperibile presso il link [https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/konferenz\\_2011\\_vortrag\\_tamm.pdf](https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/konferenz_2011_vortrag_tamm.pdf) (in tedesco)

un processo lungo e laborioso. Un'altra criticità, ma di carattere più generale, risiede nel quantificare con precisione gli effetti del programma. Per la città di Amburgo (così come per il resto d'Europa), la crisi economica ha causato un calo notevole di emissioni, legato alla chiusura di numerose fabbriche e industrie. Alla ripresa della stessa, le emissioni dovranno giocoforza aumentare, in quanto non è pensabile a oggi un processo industriale a zero-emissioni di CO<sub>2</sub> (i costi sarebbero insostenibili per una piccola impresa appena aperta). Di seguito lo storico delle emissioni diviso per i tre settori principali:

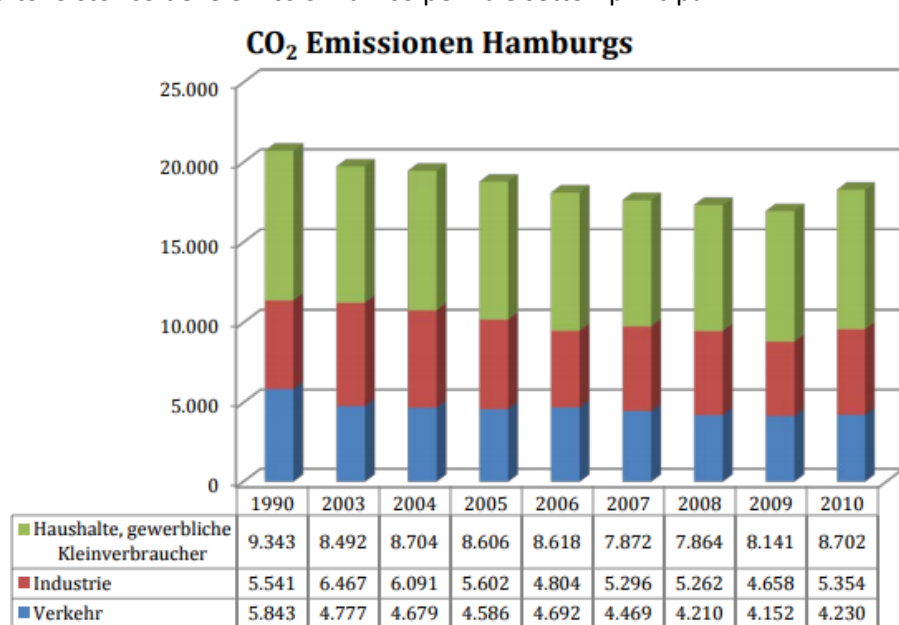


Figura 40, andamento delle emissioni della città di Amburgo diviso per settore. Fonte: Notice from the Senate to the Hamburg parliament, scaricabile al link <http://www.hamburg.de/contentblob/4357530/23474f900f9bf2c0384158f5ee599e03/data/d-20-8493-master-plan-for-climate-protection.pdf>

Le didascalie a sinistra recitano: “Attività domestiche, piccoli utilizzatori commerciali” (verde); Industrie (Rosso), Traffico (azzurro).

Si vede come nel 2010 le emissioni del settore industriale siano aumentate. Tale dato è spiegato, nel documento fonte del grafico, con un'eccezionale ripresa economica, che ha aumentato le emissioni di CO<sub>2</sub>. È importante tenere presente che comunque tale dato risulta più basso del 17% rispetto al 2003, anno di lancio del programma di incentivi relativo all'efficienza energetica nel settore industriale nella città anseatica. Assieme a questa iniziativa, la città di Amburgo ha anche lanciato la sottoscrizione volontaria di impegni di riduzione delle emissioni; rivolta prevalentemente alle grandi compagnie industriali. L'accordo iniziale, firmato da 11 grandi compagnie aventi sedi ad Amburgo, prevedeva che tali compagnie riducessero entro il 2012 le loro emissioni di un totale di 500.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>. Per fare ciò non sono state impegnate normative rigide e minacce di sanzioni, ma è stata lasciata massima flessibilità nel metodo del raggiungimento degli obiettivi, pur tenendo presente la necessità della riduzione.

L'iniziativa è stata un successo, e tale sottoscrizione volontaria è stata riaffermata nel 2013, con obiettivi al 2018 di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di 150.000 tonnellate in totale. L'accordo inoltre ha ampliato a 15 il numero di firmatari. Tali iniziative dimostrano come sia possibile coinvolgere anche i privati in azioni di interesse comune, e ottenere degli ottimi risultati. L'importante è saperne suscitare l'interesse, mettendo in chiara evidenza gli effetti positivi che possono avere per un'impresa gli investimenti nel campo dell'efficienza energetica e della riduzione dei consumi, così che gli imprenditori siano portati a investire in quel settore. Si può affermare perciò in generale come sia fondamentale coinvolgere il settore industriale nei progetti per la riduzione delle emissioni di gas serra, e di come i risultati e i benefici possano poi essere condivisi da tutti, portando anche stimolo all'economia.

L'idea lanciata da Amburgo è stata ripresa con iniziative simili in altri paesi, quali ad esempio la città di Poole nel Regno Unito, che ha lanciato il "Green PEA (Political Environmental Action) Scheme". Il progetto è basato sulla falsariga di quello di Amburgo: è offerta gratuitamente una prima consulenza sull'efficienza energetica ai gruppi industriali che siano interessati, a seguito della quale viene fornita una serie di raccomandazioni per la riduzione dei consumi. In seguito, la ditta può o meno decidere di implementare i suggerimenti ottenuti e aderire così al progetto. L'iniziativa conta a oggi più di 60 membri aderenti, a dimostrazione del successo di tale iniziativa. Poiché è di lancio recente (2013) non vi sono dati di sintesi sui risultati generali, ma sono solo forniti degli esempi di case-study di misure effettivamente messi in pratica e dei risultati ottenuti, tutti relativi a processi industriali.

## 5.9 Efficientamento dell'illuminazione pubblica

Uno dei settori alternativi all'edilizia e più gettonati per ridurre i consumi energetici e quindi le emissioni di gas serra è quello dell'illuminazione pubblica. Convertire l'illuminazione cittadina da lampadine a incandescenza a nuove lampadine a LED o comunque più efficienti è un modo semplice ed efficace per avere dei risparmi reali sia economici che di emissioni. Va anche precisato che con "illuminazione pubblica" si intendono non solo i lampioni della città, ma anche i semafori, la segnaletica stradale luminosa, ecc. Vi è quindi un vasto ventaglio di possibilità da sfruttare. Non sorprende dunque ritrovare la voce "rinnovamento illuminazione pubblica" presente negli esempi di eccellenza fra 23 città diverse di tutta Europa. Inoltre, è anche una misura efficace a livello politico, in quanto è chiaro come rinnovare l'illuminazione pubblica sia ben percepito dai cittadini. È chiaro come i costi e risultati di tale iniziativa possa variare da città a città; soprattutto sapendo da che tipo di illuminazione di partiva. Ad esempio, la città di Gdynia, in Polonia, dichiara (dalla sezione delle iniziative di eccellenza, dati che trovano riscontro nel PAES<sup>26</sup>) di aver speso circa 125.000 € per l'ammodernamento dell'illuminazione pubblica, e di aver ridotto le emissioni di CO<sub>2</sub> di 1.740 ton/anno. Si ottiene perciò un rapporto costi-benefici annuale di 72 €/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta; valore bassissimo ma che è coerente con quanto detto riguardo alle città dell'est e all'efficienza energetica nel loro caso. Diverso è il caso di Venezia, ove lo stanziamento per l'ammodernamento dell'illuminazione è ben più consistente (6 milioni di €), e di conseguenza è elevata pure la stima di riduzione di CO<sub>2</sub> associata, circa 2.886 tonCO<sub>2</sub>/anno. Si ha perciò un rapporto costi-benefici annuale di 2079 €/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Si può andare a fare una stima del rapporto totale costi-benefici basandosi sull'intera vita utile dell'impianto di illuminazione. La vita utile media di un impianto di illuminazione è stimata in 40 anni<sup>27</sup>; di conseguenza si ottengono, per le due città in esame, i seguenti valori di rapporto costi-benefici di 1,8 €/tonCO<sub>2</sub> per la città di Gdynia, e di 52€/tonCO<sub>2</sub> per la città di Venezia.

È chiaro come tali risultati possano variare in funzione del mix energetico usato per produrre l'energia elettrica. Infatti, un'illuminazione più efficiente si traduce in minori consumi elettrici; noti i risparmi si può calcolare la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> associata usando il fattore di emissione nazionale. Di conseguenza, è chiaro che le nazioni aventi fattore di emissioni più elevato otterranno riduzioni migliori con investimenti minori. Nei due casi appena riportati, la Polonia ha un indice di emissione nazionale pari a 1,18, il più alto in UE. Perciò avrà una riduzione di emissioni molto più elevata a parità di risparmio energetico. Un altro fattore di cui è necessario tenere conto quando si prendono in esame tali iniziative è quello demografico. Le dimensioni di una città infatti sono direttamente proporzionali ai consumi e alle spese dovute all'illuminazione pubblica, e un andamento analogo avranno i costi di rinnovamento e i tempi effettivi di realizzazione del progetto. Di conseguenza quindi, aumentano anche i risparmi conseguibili, sia in termini economici che di emissioni evitate. Bisogna perciò confrontare tali risultati con le dovute cautele del caso. Infine, sui costi di ammodernamento può andare ad incidere un altro fattore: capita spesso infatti che le infrastrutture di illuminazione pubblica siano vecchie (solo a Padova vi sono zone in cui i lampioni e le linee

---

<sup>26</sup> Fonte: PAES città di Gdynia, pag. 51 (in polacco)

<sup>27</sup> Fonte: Assil, Associazione Nazionale produttori Illuminazione



hanno più di 30 anni), e perciò non più conformi alle recenti norme di sicurezza e di quantità di illuminazione prodotta. Tale non-conformità si traduce spesso nella necessità di aumentare i punti di illuminazione presenti su strada, il che ha chiaramente un costo elevato e che alle volte non viene nemmeno preventivato, creando poi grosse difficoltà per le amministrazioni nel reperimento di fondi (problema più grave per le amministrazioni piccole). Può capitare quindi che, poiché per effettuare un ammodernamento dell'illuminazione bisogna seguire le norme più recenti, i costi iniziali siano molto elevati (può essere necessario perfino raddoppiare i punti luce) e aumentino a dismisura il tempo di ritorno economico dell'investimento. Ciò scoraggia molte amministrazioni dall'investire in tale settore, che preferiscono quindi non fare nulla per evitare di dover sostenere gli oneri di tale progetto.

Si può affermare in generale come tale iniziativa sia stata intrapresa da amministrazioni in pressoché ogni nazione europea, in quanto come già detto modo molto semplice ma efficace di ottenere un buon risparmio energetico. Inoltre, dà un effettivo ritorno anche in termini elettorali, e consente al comune di avere un risparmio economico concreto in tempi rapidi. Ciò non toglie comunque che le emissioni di CO<sub>2</sub> dovute all'illuminazione pubblica siano solo una minima parte di quelle complessive cittadine, e perciò gli interventi in quel settore non sono certo sufficienti a raggiungere gli obiettivi desiderati.

### **5.10 Efficientamento in altri settori: incentivi all'acquisto di prodotti più efficienti**

Infine, l'amministrazione comunale può agire in modo più capillare e pervasivo sul territorio, per favorire la penetrazione di nuove apparecchiature più energeticamente efficienti e aventi quindi minor consumo. Un esempio di questo tipo di modo d'agire è fornito dalla città di Murcia, in Spagna. L'amministrazione comunale ha infatti lanciato un programma di incentivo economico per l'acquisto di elettrodomestici di classe A in sostituzione di quelli più vecchi ancora in uso presso le case dei propri cittadini residenti. L'idea di fondo è quella dell'incentivo finanziario, che può arrivare a coprire non oltre il 25% della spesa complessiva sostenuta; in valori assoluti tale incentivo deve essere compreso fra 50 e 125 €. Il valore economico dell'incentivo è poi descritto più dettagliatamente in base al tipo di elettrodomestico (frigorifero, lavatrice, aspirapolvere, ecc.) ed è proporzionato alla classe energetica dell'elettrodomestico in questione.

Il progetto è durato 4 anni, durante i quali sono stati erogati incentivi a fondo perduto da parte del Comune per un totale di 8,16 milioni di €. La sezione dedicata all'iniziativa sul sito del patto dei sindaci fornisce dei dati sui risultati ottenuti: si stima che negli anni di attuazione del progetto siano stati sostituiti oltre 95.000 elettrodomestici. Tale sostituzione ha comportato un risparmio energetico netto di 2740 MWh/anno, a cui è possibile associare una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 1.206 tonCO<sub>2</sub>/anno. Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale di 6.767 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Se si assume, come valore estremamente cautelativo, una vita media degli elettrodomestici di 5 anni, si ottiene un rapporto costi-benefici complessivo pari a 1354 €/tonCO<sub>2</sub>.

L'idea è interessante, in quanto è uno dei primi programmi di incentivo diretto per l'efficienza energetica anche sulle piccole applicazioni domestiche; dove il problema può essere meno percepito ma è indubbiamente presente e va affrontato, per ridurre i consumi energetici domestici e portare benefici sia in termini di emissioni evitate, che benefici economici per i cittadini, che possono così fare acquisti che li aiutino a ridurre le loro spese mensili. È chiaro che anche in questo caso, è necessario un costante supporto politico per l'iniziativa, in quanto prevede per il comune una spesa non indifferente; inoltre il ritorno economico non è diretto sulle casse comunali, ma è principalmente percepito dai cittadini. Al contrario, un calo dei consumi elettrici può portare ad un calo delle entrate fiscali comunali ad essi legate, perciò una misura di questo tipo non è sempre di facile accettabilità politica. Non può sorprendere quindi che l'iniziativa sia durata per un limitato periodo, ma abbia comunque conseguito dei buoni risultati in termini di acquisti incentivati per i cittadini.

## 5.11 Conclusioni

Per trarre delle conclusioni su larga scala, è utile sintetizzare i dati ricavati e le varie iniziative in una tabella di sintesi

Iniziativa	Città	Costi (stimati) [milioni di €]	Effetti (stimati) [tonCO2/anno]	Rapporto costi-benefici [€/tonCO2] (riferito alla stima vita utile dell'iniziativa)	Altri effetti positivi
Aumento budget incentivi diretti alla riqualificazione edilizia	Monaco di Baviera (DE)	4	12.319	36	Aumento di interventi di riqualificazione edilizia e riduzione emissioni di gas serra
InnovationCity Ruhr	Bottrop (DE)	290	10.000	859	Creazione posti di lavoro, rilancio economico, stimolo alla ricerca
Audit energetici su edifici pubblici	Vantaa (FI)	1,5	937,5	80	Esecuzione di audit energetici su 14 edifici pubblici
	Umeå (SE)	14,5	6.111	118,6	Risparmio economico netto per il comune
Carbon offset scheme	Milton Keynes (UK)	1,72	6.512	13,9	Rendita fiscale per il comune da reinvestire in progetti ambientali
Riqualificazione edilizia case sociali	Vila Nova de Gaia (PT)	15	4.800	105	Risparmio netto per il comune di 1,3 milioni di € annuali
Rinnovamento impianti degli edifici	Genova (IT)	0,305	12.664	1,02	Sostituzione impianti riscaldamento; calo emissioni inquinanti (NOx, particolato)
	Helsinki (FI)	0,344	247	71,65	Sostituzione impianti di ventilazione, miglioramento comfort ambientale
Unternehmen für Ressourcenschutz	Amburgo (DE)	172	155.000	55,5	Rilancio economico, stimolo alla ricerca e all'innovazione; risparmi energetici per comune e imprese, creazione di posti di lavoro; aumento di interesse nell'efficienza energetica

Iniziativa	Città	Costi (stimati) [milioni di €]	Effetti (stimati) [tonCO2/anno]	Rapporto costi-benefici [€/tonCO2] (riferito alla stima vita utile dell'iniziativa)	Altri effetti positivi
Rinnovamento illuminazione pubblica	Gdynia (PL)	0,125	1.740	1,8	
	Venezia (IT)	6	2.886	52	
Incentivi all'acquisto di elettrodomestici efficienti	Murcia (ES)	8,16	1.206	1.354	Sostituzione di oltre 95.000 elettrodomestici con modelli più efficienti e a minor consumo

Dai dati ottenuti, si può in generale osservare come le iniziative nell'ambito residenziale e nell'efficienza energetica riescano a ottenere degli ottimi risultati, sia dal punto di vista della riduzione quantitativa delle emissioni di CO<sub>2</sub>, che dal punto di vista del rapporto costi-benefici. L'inconveniente principale di gran parte di queste iniziative è quello di essere "capital-intensive", ossia di necessitare di grossi investimenti iniziali per poter essere messe in atto. Fanno eccezione alcune iniziative che possono sfruttare un ampio potenziale di risparmio, vedasi tutte quelle che hanno a che fare con la sostituzione di impianti di riscaldamento o di ventilazione obsoleti e perciò con bassissima efficienza, che danno luogo ad un bassissimo rapporto costi-benefici complessivo. Inoltre, soprattutto nel comparto del residenziale, le iniziative per l'efficienza energetica possono avere un tempo di ritorno piuttosto lungo (si arriva anche fino a 15 anni per alcuni progetti), tale da poter scoraggiare un'amministrazione cittadina a investire direttamente soldi senza ottenere alcun ritorno economico in tempi rapidi. Lo stesso discorso vale nel caso dei privati, che perciò vanno incentivati usando dei progetti di ampio respiro proposti dall'amministrazione, come nel caso della città di Bottrop, che è riuscita a coinvolgere con successo la propria comunità, ottenendo degli ottimi risultati dal punto di vista del rinnovamento edilizio. Inoltre, se si osserva solo il rapporto €/tonCO<sub>2</sub> ridotta i progetti di riqualificazione edilizia finanziati direttamente ed esclusivamente dall'amministrazione cittadina risultano essere più costosi rispetto alle altre iniziative. Quasi tutti i progetti in questo settore hanno però una lunga vita tecnica; che consente perciò di ottenere i bassi valori di costi benefici che si sono calcolati per le iniziative prese in esame. Questo è un aspetto non trascurabile anche dal punto di vista economico, in quanto maggiore è la vita utile di un progetto di efficienza energetica maggiore sarà il risparmio monetario che l'investitore conseguirà nel lungo periodo.

Un altro progetto su cui l'amministrazione può agire direttamente è quello di stimolare direttamente l'efficienza energetica nei processi industriali, tramite l'erogazione di incentivi direttamente rivolti all'efficientamento degli stessi. Nel caso invece di iniziative il cui risultato principale sia il risparmio elettrico, non si può far a meno di notare come i risparmi in termini di emissioni siano pesantemente influenzati dal mix energetico proprio del paese. Come già discusso, è chiaro che paesi che utilizzino una produzione di energia elettrica che sia pesantemente emissiva, una riduzione di consumi elettrici avrà, a parità di risparmio, una maggiore riduzione di emissioni rispetto ad un paese che produca la stessa energia ma con tecnologie meno impattanti dal punto di vista dei gas serra. Si veda il caso dell'illuminazione pubblica, e la differenza di riduzione di CO<sub>2</sub> fra la città polacca e quella italiana, che è ben esplicativo di tale concetto. In generale quindi, si può concludere come le iniziative in quest'ambito siano decisamente efficaci e possano portare a ottimi risultati, pur necessitando di grossi investimenti economici e di un costante supporto politico alle campagne

d'incentivazione. Quasi altrettanto importante al continuo supporto politico ed economico alle iniziative è una costante e capillare campagna di informazione; è necessario infatti far sì che quante più persone possibili possano conoscere i vantaggi di investire nell'efficienza energetica in modo da poter poi prendere le loro decisioni. I risultati migliori in questo campo sono stati ottenuti tramite l'offerta di consulenze gratuite, che permettono ai privati di comprendere appieno il potenziale risparmio economico che avrebbero a disposizione. Fondamentale, a questo proposito, è il coinvolgimento di più attori interessati nel campo, e che siano coinvolti verso uno stesso obiettivo. Le iniziative che hanno ottenuto maggior partecipazione, quelle avviate a Bottrop e Amburgo, sono state avviate non come imposizione da parte dell'amministrazione comunale, ma bensì come progetto comune e condiviso, in cui tutti i partecipanti potessero esprimere la loro opinione e arrivare nel modo più conveniente a raggiungere gli obiettivi prefissati. Tale approccio ha dato degli ottimi risultati, tant'è che la città di Amburgo è riuscita a raggiungere persino un accordo volontario di riduzione delle emissioni fra l'amministrazione e una serie di grandi industrie presenti sulla città; che sarebbe stato impensabile se fosse stato attuato come semplice imposizione normativa di limiti più stringenti. Il coinvolgimento degli stakeholder è perciò fondamentale, e andrebbe sempre messo in atto quando si lanciano progetti di così ampio respiro, sia temporale che economico, in modo da condividere spese, responsabilità e successi degli stessi.

## Cap. 6: Iniziative di generazione e distribuzione di energia locali

### 6.1 Introduzione

Fondamentale, per ogni amministrazione che intenda ridurre le proprie emissioni di gas serra, è avere una buona generazione di energia da fonti rinnovabili. In parallelo a questo, è di estrema utilità poter fornire ai propri cittadini una mappa di disponibilità di tali fonti, soprattutto ai fini della generazione distribuita dei privati (lo sfruttamento dell'energia solare). Per ridurre le emissioni di gas serra derivanti dalla generazione di energia, vi sono quindi due strade principali: la costruzione di grossi impianti a basse emissioni o a fonti rinnovabili che forniscano elettricità e alle volte calore ad un elevato numero di utenze; oppure l'incentivare l'installazione di piccoli impianti privati per la produzione energia rinnovabile. In questo capitolo si andranno ad esaminare alcune strategie implementate da vari comuni per agire su questo settore. Per calcolare la complessiva riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> che si può ottenere, è necessario fare delle assunzioni sulle vite utili dei vari impianti che verranno presi in esame. Di seguito i valori che verranno assunti per le stime successive in questo capitolo:

- 10 anni per un motore cogenerativo
- 40 anni per l'intero impianto di cogenerazione
- 30 anni per un impianto di incenerimento rifiuti
- 25 anni per un parco eolico
- 50 anni per un impianto idroelettrico
- 20 anni impianti fotovoltaici
- 20 anni impianti solari termici
- 60 anni rete di teleriscaldamento

La vita utile è minore per impianti più piccoli di tipo decentralizzato, mentre, dati gli elevati investimenti richiesti, è molto più elevata per gli impianti di grosso tipo centralizzati. Tali valori sono tutti dati standard utilizzati per simulazioni economiche, su cui c'è ampia concordanza in letteratura.

### 6.2 Raccolta dati e mappatura richiesta e disponibilità di energia

Per poter sviluppare un piano di azione dell'energia sostenibile per una città, è prima necessario analizzare in modo dettagliato le richieste di energia, per poter comprendere come sia strutturata la domanda energetica. Così facendo sarà poi possibile dare il via a una serie di progetti di generazione decentralizzata o di autoconsumo (ad esempio, l'installazione di pannelli fotovoltaici sui tetti delle case). Uno studio di questo tipo richiede di conoscere: la densità di domanda energetica, i possibili tipi di utilizzatore, se vi siano luoghi disponibili alla generazione energetica ed eventuali previsioni future (per esempio: se è in programma la costruzione di una piscina è semplice immaginare come la domanda di energia aumenti considerevolmente nella zona prevista). Usando questi dati è possibile creare una "mappa dell'energia richiesta", sia considerata come calore che come elettricità. Tali informazioni vengono poi sfruttate per implementare al meglio i progetti energetici; si può ad esempio decidere dove sia più conveniente costruire una rete di teleriscaldamento; in quali posti la domanda di calore è maggiore, ecc. La città di Londra per esempio ha creato la propria mappa di richiesta di calore cittadino, che è disponibile al pubblico presso il sito <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/energy/london-heat-map/view-london-heat-map> ; tale strumento è di estrema utilità per i progetti di generazione decentralizzata di energia; ed è un'iniziativa che è stata intrapresa nell'ambito del patto dei sindaci. Essendo interattiva, consente facilmente di capire le informazioni richieste e di filtrarle come meglio si preferisce.

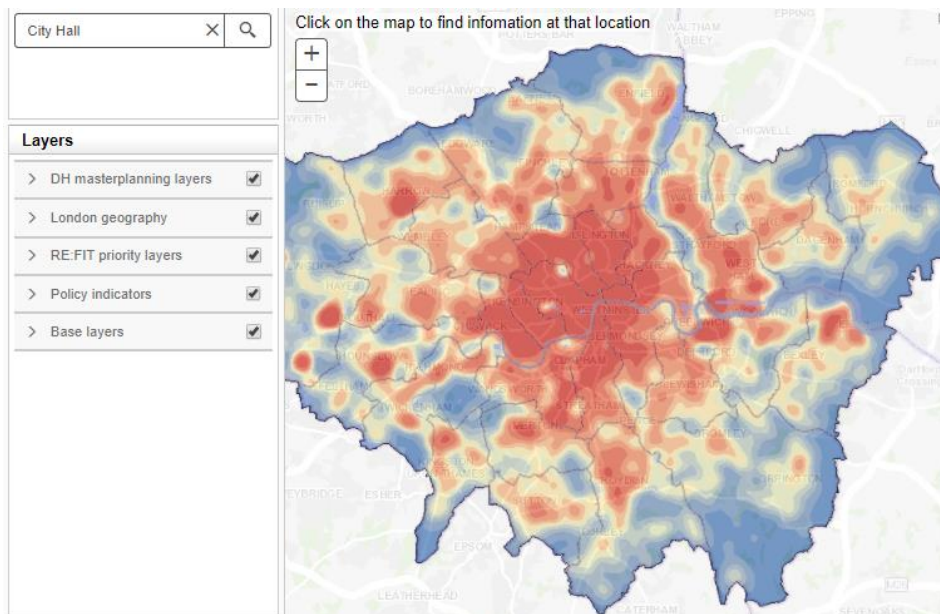


Figura 41, Schermata della mappatura di richiesta di calore per la città di Londra. Mappa reperibile al link: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/energy/london-heat-map/view-london-heat-map>

L'idea di questa raccolta dati è stata ripresa poi da una serie di città nei vari paesi europei. Inoltre, la mappatura geografica non si applica solo alla richiesta di calore, ma può essere sfruttata per altri scopi: ad esempio, usando le foto satellitari cittadine, è possibile implementare un software che stabilisca, in modo approssimato, se la forma di un tetto è adatta all'installazione di un impianto fotovoltaico o di tipo solare termico; di quali dimensioni, che potenza potrà produrre, ecc. Un'altra iniziativa simile è quella di riportare su una mappa della città l'irradiazione solare, per capire dove sia più conveniente installare poi impianti fotovoltaici. Un'idea di questo tipo è stata messa in atto dalla città di Lisbona, in Portogallo, che ha fornito una mappa della radiazione solare incidente in media nell'anno di libero accesso ai propri cittadini.

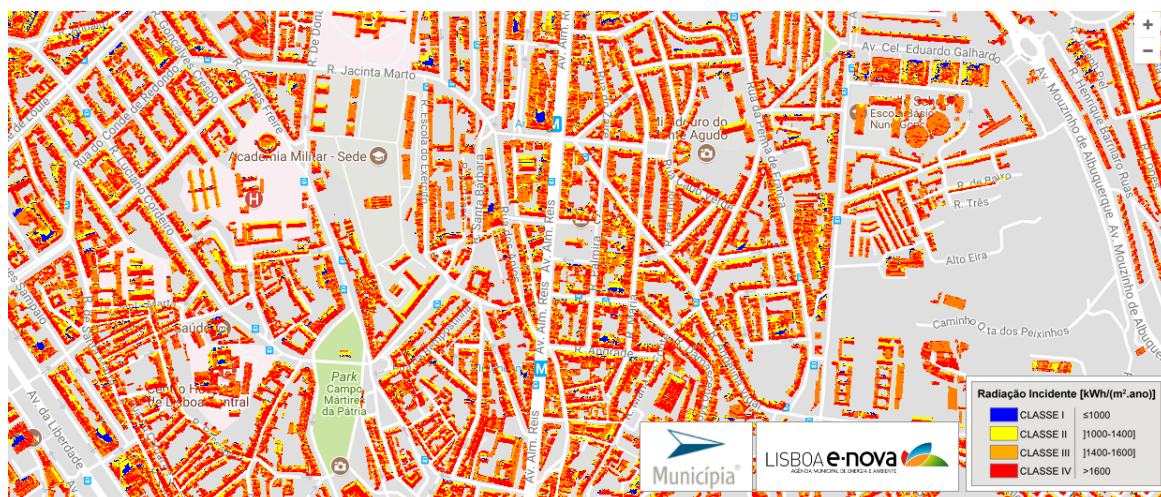


Figura 42, Mappa dell'irradiazione solare incidente sui tetti degli edifici della città di Lisbona. Reperibile presso il link: <http://www.lisboaenova.org/en/cartasolarlisboa>

Si può osservare come tale mappa (partendo dal database fornito da google maps) fornisca la radiazione incidente media, misurata in kWh/m<sup>2</sup> anno, sui tetti di tutti gli edifici presenti in città. Uno strumento di questo tipo è di estrema utilità, in quanto dà la possibilità a chiunque, interessato all'installazione di un impianto fotovoltaico, di verificare la radiazione solare incidente sul proprio tetto, e dunque di ipotizzare a grandi linee la quantità di energia ottenibile all'anno in funzione dei metri quadri che si hanno a disposizione per l'impianto. Un'iniziativa di questo tipo richiede un'imponente lavoro di raccolta e gestione dei dati, il che

può risultare parecchio oneroso. Non è un caso infatti che tali mappe interattive siano state implementate solo da grandi municipalità, che hanno le risorse e l'interesse a sviluppare uno strumento di questo tipo per creare stimolo poi ai settori collegati (ad esempio, la mappa dell'irradiazione solare può creare rilancio per il mercato dei pannelli fotovoltaici e gli impianti ad essi collegati). Una volta note le richieste di energia e le sue disponibilità in termini di potenziale, si può pensare di provvedere alla generazione di energia e/o calore in modo rinnovabile o più efficiente rispetto al passato.

### **6.3 Generazione di energia locale tramite impianti cogenerativi: costruzione ex-novo**

Il modo più efficace per aumentare l'efficienza nella produzione di energia è quello di sfruttare gli impianti cogenerativi, detto anche a ciclo combinato. La concezione di fondo di tali impianti è di fatto basata su un abbinamento dei classici cicli a gas e Rankine già esistenti. Nel caso della cogenerazione, si cerca di sfruttare in modo efficiente il calore residuo di un ciclo a gas, che è considerevole e nelle normali centrali termiche viene semplicemente dissipato nell'ambiente. Il recupero di calore è così effettuato: il calore a temperature più elevate (derivante dal ciclo a gas dell'impianto) viene sfruttato per riscaldare l'acqua del ciclo Rankine abbinato. Il calore residuo del ciclo Rankine di tipo cogenerativo soddisfa la domanda per utilizzi domestici o civili. Alcuni esempi possono essere: il teleriscaldamento, il riscaldamento di piscine. Fondamentale per la cogenerazione, in qualunque caso, è che l'impianto cogenerativo sia geograficamente vicino ai luoghi in cui vi è la maggior domanda di calore, a causa delle elevate perdite per dissipazione durante il trasferimento stesso di calore. Così facendo si possono raggiungere rendimenti complessivi d'impianto superiori al 60%, molto più elevati rispetto ad una centrale elettrica standard.

Dati gli elevati rendimenti raggiunti, questo tipo d'impianto sta venendo sempre più studiato e costruito. Visto che può garantire minori consumi e l'utilizzo di una fonte meno inquinante, si può affermare che a parità di energia prodotta si avrà una minore emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Risulta chiaro quindi come la costruzione di un impianto di tipo cogenerativo possa portare notevoli benefici sotto vari punti di vista: ambientale, per il calo dei gas serra emessi; economico, in quanto i costi operativi e di gestione risulteranno più bassi di uno stesso impianto di tipo termico. Di conseguenza, lo sfruttamento della cogenerazione ricorre fra gli esempi d'eccellenza nel patto dei sindaci.

Un esempio in materia può essere fornito dal comune di Düsseldorf, in Germania. Tale città si è infatti data per il 2050 l'ambizioso obiettivo di essere neutrale nei confronti del clima, ossia di avere un saldo emissivo pari a zero. Di conseguenza, per raggiungere tale traguardo, è necessario agire anche sulla generazione di energia locale, cercando di renderla il più pulita possibile. È chiaro perciò come tale comune abbia deciso di investire pesantemente sugli impianti cogenerativi. L'amministrazione ha quindi, in partecipazione con una serie di ditte municipalizzate, finanziato e costruito un impianto cogenerativo a gas, in cui il calore viene poi recuperato per una rete di teleriscaldamento cittadina. Il progetto è stato lanciato nel 2010, e l'impianto è entrato ufficialmente in esercizio nel 2016.

L'impianto è in grado di fornire circa 600 MW di corrente elettrica e 300 MW di energia sotto forma di calore. Lo schema di ciclo è il seguente:

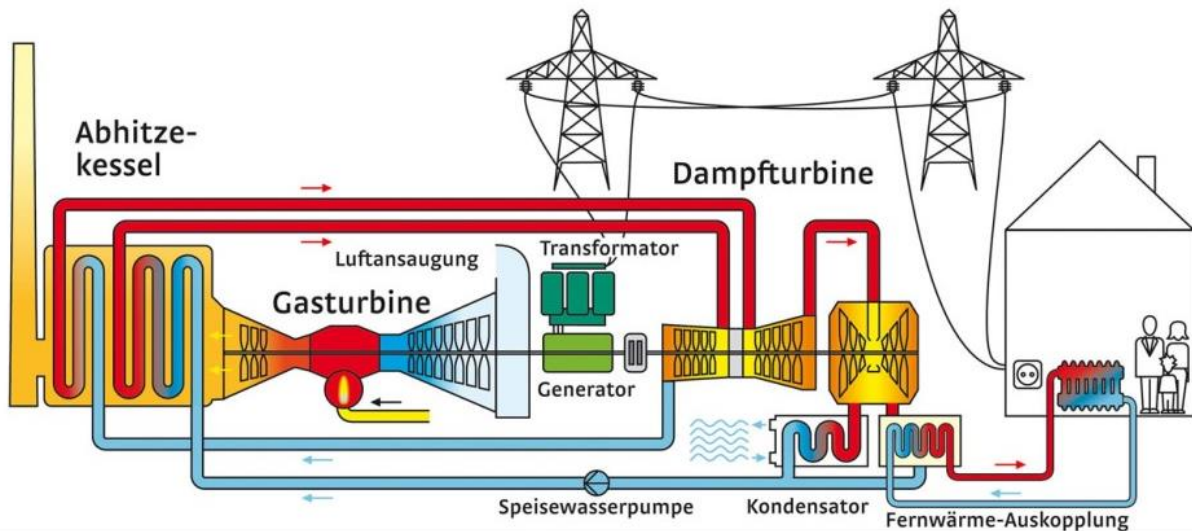


Figura 43, Schema di ciclo dell'impianto combinato nel comune di Düsseldorf, Germania. Fonte: <https://www.swd-ag.de/ueber-uns/erzeugung/gaskraftwerk-quad-kraftwerk/> ( in tedesco)

Le parole recitano, da sinistra verso destra: Caldaia di recupero calore (Abhitze-kessel); Turbina a gas, presa d'aria (Luftansaugung); Trasformatore, Generatore, Pompa per l'acqua di alimentazione (Speisewasserpumpe); Turbina a vapore (Dampfturbine); Condensatore; mandata del teleriscaldamento (Fernwärme-Auskopplung). Si vede come il ciclo sfrutti direttamente le possibilità di generazione elettrica fornite sia dalla turbina a gas che quelle offerte da una turbina a vapore. Di fatto, in questo schema d'impianto sono accoppiati un ciclo a gas e un classico ciclo Rankine; in modo da sfruttare al meglio la generazione di calore che si è ottenuta dalla combustione del gas naturale. Il gas naturale viene prima bruciato nella turbina a gas, raggiungendo una temperatura di circa 1.300 °C; e viene espanso in tale turbina, generando energia elettrica e raffreddandosi a 630 °C. I gas di scarico vengono poi mandati nella caldaia di recupero calore, ove il loro calore residuo viene sfruttato per far evaporare l'acqua lì presente e creare vapor d'acqua in pressione. A questo punto, buona parte del vapore acqueo viene nuovamente espanso in turbina, per ottenere ulteriore energia elettrica. Un'altra parte invece viene spillata alle varie temperature, e viene poi sfruttata per fornire calore ad un ulteriore circuito ad acqua. L'acqua calda così ottenuta va poi ad alimentare una rete di teleriscaldamento rivolta principalmente ad utenze domestiche nelle vicinanze dell'impianto. Abbinato alla rete di teleriscaldamento è presente anche un serbatoio d'accumulo dell'acqua calda, in modo tale da poter disaccoppiare la produzione di corrente ed elettricità. Sfruttando l'accumulo di calore, è possibile soddisfare un'elevata domanda di calore quando invece vi sia una bassa richiesta di corrente senza dover rimettere in moto l'intera filiera energetica dell'impianto (tipicamente ciò avviene di notte). Analogamente, si accumula il calore in eccesso quando si abbia bassa richiesta di calore ed elevata richiesta di corrente. Il serbatoio previsto può accumulare fino a 35.700 m<sup>3</sup> di acqua calda, corrispondenti a circa 1.340 MWh termici. Raffrontando tale valore al fabbisogno cittadino, si ottiene che tale disponibilità di calore potrebbe soddisfare la domanda dell'intera città di Düsseldorf per un tempo compreso fra molte ore e alcuni giorni, in base al clima esterno. Questo semplice accorgimento consente di risolvere i problemi legati alla variabilità del carico, e di stressare molto meno le condizioni operative dell'intero impianto, che viene messo in moto solo quando è necessario. Lo schema d'accumulo è il seguente:



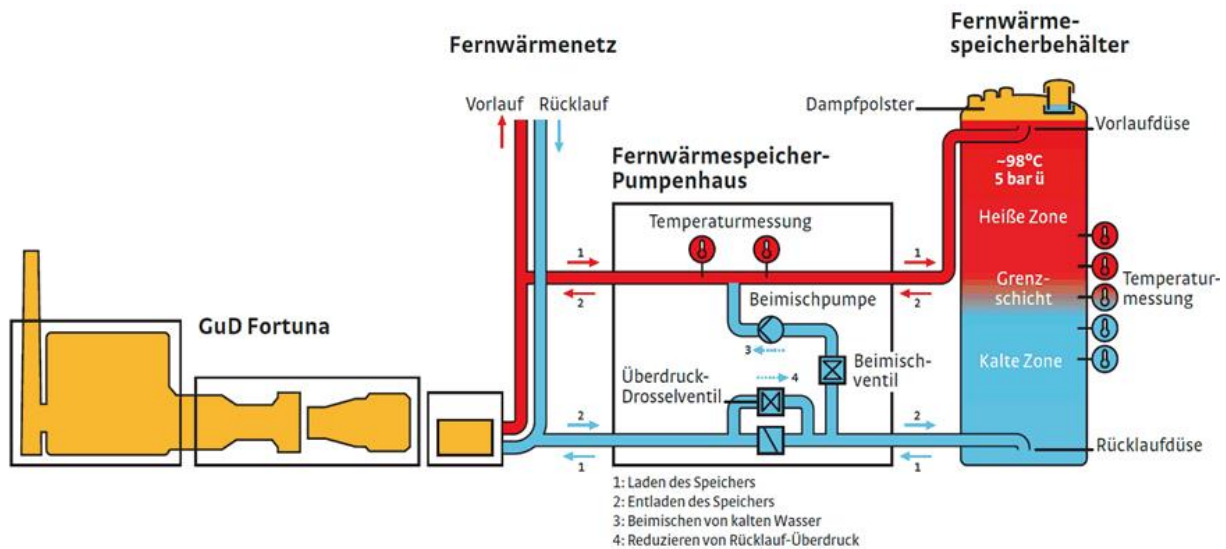


Figura 44, Schema dell'impianto d'accumulo termico abbinato all'impianto combinato a gas naturale di Düsseldorf. Fonte: [https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk\\_Lausward](https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Lausward) (in tedesco)

Le scritte in figura recitano: “Rete di teleriscaldamento” (“Fernwärmenetz”); Mandata (Vorlauf), Ritorno (Rücklauf). “Accumulo del calore per teleriscaldamento- locale pompe” (Fernwärmespeicher-Pumpenhaus), Misuratore di temperatura (Temperaturmessung), “Pompa di mescolamento” (Beimischpumpe); Valvola di mescolamento (“Beimischventil”); Valvola a farfalla di sovrappressione (“Überdruck-Drosselventil”); nell’elenco numerato si ha: 1-Caricamento dell’accumulo (“Laden des Speichers”); 2-Scaricamento dell’accumulo (“Entladen des Speichers”); 3-Mescolamento dell’acqua fredda (“Beimischen von kaltem Wasser”); 4- Riduzione della sovrappressione al ritorno (“Reduzieren von Rücklauf- Überdruck). Infine, per quanto riguarda il serbatoio si ha: “Bocchetta di ritorno” (Rücklaufdüse), “zona fredda” (Kalte zone); “strato limite” (grenzschicht); “zona calda” (Heiße zone); “Bocchetta di mandata” (Vorlaufdüse); “cuscinetto di vapore” (Dampfpolster); Contenitore del calore di accumulo per teleriscaldamento (“Fernwärmespeicherbehälter”).

L’impianto riesce a raggiungere un’efficienza del 61,5% nella generazione di energia elettrica, valore considerevolmente più elevato rispetto a quello di una normale centrale termoelettrica. Se si considera nel rendimento anche l’energia che viene recuperata sotto forma di calore, si riesce ad arrivare ad un valore di rendimento globale pari all’85%. Un valore del genere è quasi il doppio di una centrale termica standard, che normalmente ha rendimenti del 40-45% e nelle centrali più moderne ed efficienti può arrivare fino al 50%. Un impianto di questo tipo, grazie alla combinazione con una generazione di calore che sia eco-sostenibile, ha portato, nel primo anno di funzionamento, ad un risparmio complessivo di 600.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>. Si stima inoltre di riuscire a far crescere il valore di emissioni evitate a circa un milione di tonnellate di CO<sub>2</sub>, questo grazie all’ampliamento della rete del teleriscaldamento cittadina. In aggiunta alla riduzione di CO<sub>2</sub>, bisogna tenere in conto che, per questo impianto, le emissioni di polveri sottili sono talmente basse da essere praticamente irrilevanti per i dati complessivi della città. Ciò introduce un vantaggio per la salute pubblica, in quanto va a ridurre i livelli di inquinamento e di particolato presenti nell’aria cittadina.

Il progetto è stato ideato e finanziato dall’amministrazione locale, ma alla stesura dello stesso hanno collaborato anche rappresentanti delle varie realtà locali, quali gruppi economici, rappresentanze dei cittadini e organizzazioni esterne. Si è così tenuto in considerazione non solo l’aspetto energetico ed economico, ma anche quello stilistico ed architettonico della struttura, in modo tale da renderla più gradevole ed accettabile agli occhi dei cittadini.



Figura 45, Fotografia dell'impianto combinato del comune di Düsseldorf. Fonte: Block "Fortuna", sieht gut aus für Düsseldorf. PDF informativo sull'impianto, reperibile presso il sito : <https://www.swd-aq.de/ueber-uns/erzeugung/gaskraftwerk-gud-kraftwerk/> (in tedesco)

Si vede come l'impianto sia anche esteticamente apprezzabile, a riprova di quanto sopra affermato. L'investimento complessivo del progetto è stimato in circa 500 milioni di €, e la costruzione è stata ultimata in soli 4 anni. Va specificato che l'impianto è stato eretto riadattando una vecchia centrale a carbone lì presente, perciò il tempo di costruzione e l'investimento complessivo sono stati leggermente più bassi che nel caso si fosse dovuto partire da zero. Si può perciò stimare, dai dati ottenuti, un rapporto costi-benefici annuale pari a 833,33 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Tale valore, se verranno confermate le previsioni fatte nel documento (riduzione di 1 milione di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno al 2025) si potrà perciò abbassare fino a 500 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Se si va a eseguire tale calcolo usando la vita utile stimata dell'impianto, si arriva ad un range di rapporto costi benefici pari a 20,83 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta nel caso la riduzione resti pari a 600.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>, mentre si può scendere fino a 12,5 €/tonCO<sub>2</sub> se si raggiungerà il miglioramento previsto dal documento di presentazione del progetto. La criticità maggiore di un'iniziativa di questo simile è chiaramente la difficoltà, economica e pratica, nel mettere in moto un progetto simile. Innanzitutto è richiesto un pesante investimento iniziale (500 milioni di € sono una cifra notevole per qualunque amministrazione); inoltre, è necessario avere a disposizione una rete già predisposta di teleriscaldamento. Per fare un corretto dimensionamento dell'impianto serve inoltre avere a disposizione una notevole quantità di dati, quali ad esempio uno storico delle domande di calore ed elettricità cittadine. Infine, nell'attuazione di un progetto di così grande e complessa entità, è fondamentale che vi sia un coordinamento efficace delle varie imprese coinvolte. Perciò, è essenziale che vi sia una costante comunicazione fra i vari attori presenti nelle varie fasi del progetto, e che vi sia un'attenta supervisione di tutte le fasi di implementazione del progetto. Non trascurabile inoltre, per un cantiere di tale entità, è la questione sicurezza sul lavoro. La costante ispezione dei cantieri previene in maniera efficace gli incidenti. Una prevenzione efficace, oltre che all'indiscutibile e ovvio beneficio umano, ha anche un beneficio economico, in quanto consente di rispettare i tempi di consegna, e non introdurre ritardi dovuti a eventuali incidenti sul lavoro. Infine, per un progetto del genere, è indispensabile un costante e forte sostegno politico. Un'iniziativa di questo tipo infatti si sviluppa su un arco di tempo lungo, che può andare a coinvolgere anche più amministrazioni. È fondamentale che, qualunque sia l'orientamento dell'amministrazione entrante, un progetto di questo tipo sia sempre sostenuto senza alcun ripensamento; altrimenti si rischia di avere un aumento di costi elevato dovuto ai ritardi nel cantiere per questioni burocratiche. Ciononostante, il progetto è considerato un grande successo, e ha ricevuto apprezzamenti da varie parti del mondo; è stato nominato "impianto dell'anno" dalla rivista

Power Magazine degli Stati Uniti<sup>28</sup>. Al momento è allo studio la possibilità di realizzarne uno simile per la città di Colonia, sempre in Germania.

#### 6.4 Generazione di energia locale tramite impianti cogenerativi: Miglioramento ed efficientamento impianti esistenti

La costruzione di un impianto cogenerativo per la generazione di calore ed elettricità è un investimento molto pesante, che perciò può scoraggiare un'amministrazione non troppo convinta della sua necessità. Può diventare però molto più economico riammodernare degli impianti già esistenti, in modo tale da limitare i cambiamenti ad alcuni impianti. L'intervento è sicuramente meno pervasivo, meno costoso, e può comunque dare degli ottimi risultati in termini di riduzione dei consumi. Un esempio efficace di miglioramento ed efficientamento delle strutture esistenti può essere fornito dalla città di Riga, capitale della Lettonia (LV). La città infatti ha ereditato dall'era sovietica delle strutture obsolete, e migliorando in modo razionale il proprio patrimonio ha potuto conseguire degli ottimi risparmi energetici. In particolare, si può prendere in esame il caso del riammodernamento dei propri impianti per la generazione di calore del teleriscaldamento, e il recupero del calore residuo di processo tramite l'installazione di pompe di calore a circuito chiuso sugli stessi impianti. Nel caso degli impianti di generazione di calore per il teleriscaldamento, sono stati installati dei condensatori di tipo passivo, a più alta efficienza, che consentono un maggior recupero di calore, e quindi una riduzione dei consumi a parità di calore prodotto. Tali condensatori infatti recuperano il calore non solo dei gas di scarico, ma anche quello del vapor d'acqua presente all'interno dei fumi in uscita, abbassando la temperatura di tali fumi al di sotto di quella di condensazione. Così facendo, si è potuto ottenere un risparmio ottimale sia di consumo di gas che una buona riduzione delle emissioni.

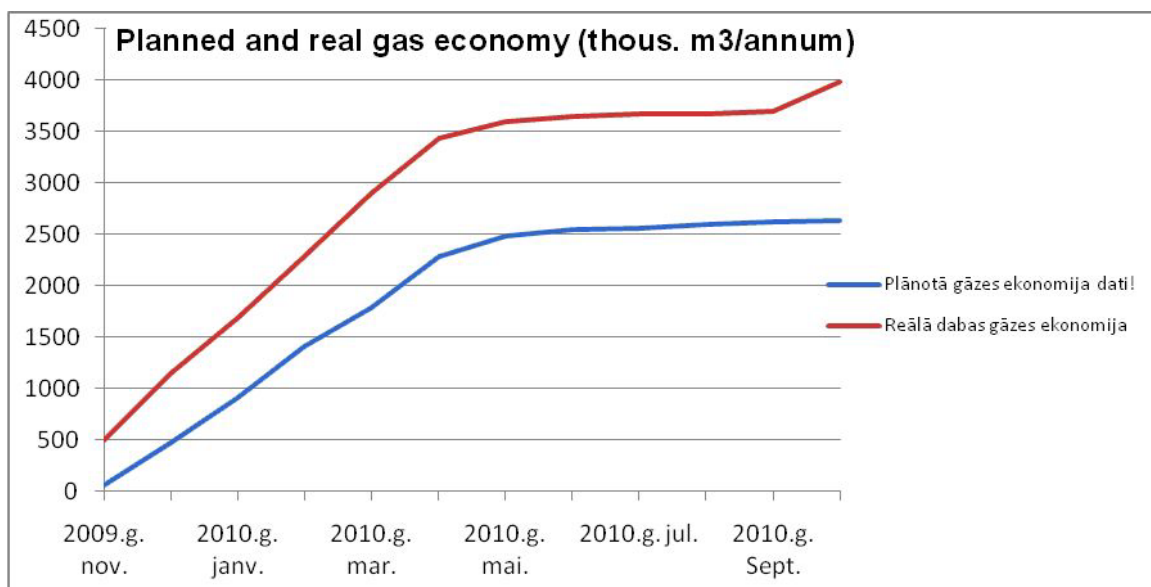


Figura 46, Risparmio di gas previsto (linea in blu) e reale (linea in rosso) per l'impianto di generazione di calore di Riga "Imanta" dopo l'ammodernamento. Fonte: Utilization of flue-gas heat in Riga city heat sources-project final report

Si vede come il risparmio di gas sia stato superiore, durante il primo anno di progetto, a quello preventivato. Un risultato analogo si è ottenuto per le emissioni di CO2:

<sup>28</sup> <http://www.rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/block-fortuna-in-den-usa-als-kraftwerk-des-jahres-geehrt-aid-1.6846647>

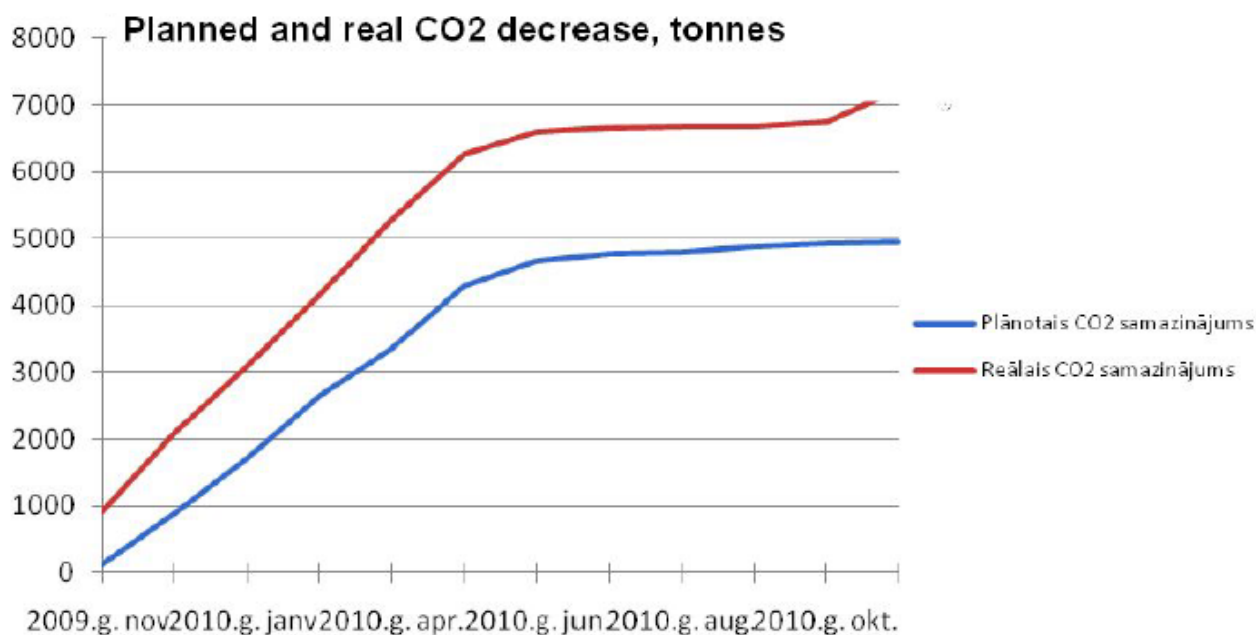


Figura 47, riduzione delle emissioni di CO2 prevista (linea blu) e reale (linea rossa) per l'impianto di generazione di calore di Riga "Imanta". Fonte: Utilization of flue-gas heat in Riga city heat sources-Project final report

I grafici reali sono riferiti al primo anno di progetto. È interessante comunque notare come si sia potuto conseguire un risparmio notevole nonostante l'anno 2010 sia stato eccezionalmente rigido dal punto di vista climatico per la Lettonia. La fonte riporta infatti come le temperature medie mensili invernali siano state inferiori a quella prevista da normativa anche di 5°C, il che implica una maggior richiesta di riscaldamento da parte di tutte le utenze connesse alla rete. Tale risultato va quindi considerato come straordinario, e anche come indicativo della pessima qualità degli impianti che sono stati sostituiti. In totale, si sono avuti risparmi complessivi di quasi 4.000 m<sup>3</sup> di gas e 7.240 tonCO<sub>2</sub> nel primo anno del progetto. Il PAES cittadino riporta inoltre che tale misura ha portato, nell'anno 2012, ad un aumento di calore generato pari a 41.297 MWh senza alcun consumo extra di combustibile<sup>29</sup>. La sezione "benchmark of excellence" del sito del patto dei sindaci dedicata all'iniziativa inoltre fornisce un costo d'investimento per il progetto pari a 1,85 milioni di €. Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale pari a 256€/tonCO<sub>2</sub> ridotta per anno. Va però precisato che il valore di tale riduzione non è costante, e negli anni è aumentato fino a 15.026 tonCO<sub>2</sub>/anno (valore riferito al 2014<sup>30</sup>). Un simile aumento è spiegabile anche con una maggiore efficienza di distribuzione all'interno della rete di teleriscaldamento abbinata. Calcolando il rapporto costi-benefici sulla vita utile dell'impianto termico efficientato, che viene stimata in 20 anni, si ottiene un valore pari a 12,8 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta complessivi.

È innegabile come comunque tale misura abbia portato enormi benefici, sia in termini di riduzione delle emissioni che in termini economici a tutte le parti in gioco.

Un'altra possibilità sfruttata dalla stessa città per aumentare l'efficienza e il recupero di calore nel medesimo impianto di generazione di calore è quella di sfruttare le pompe di calore per recuperare parte del calore a basso potenziale contenuto negli effluenti di scarico a seguito della combustione. Tale calore veniva prima invece disperso in una torre evaporativa. Lo schema che è stato implementato è il seguente:

<sup>29</sup> Riga Smart City SEAP; pag. 52

<sup>30</sup> Fonte: Riga Smart City SEAP Progress Report (2015); pag. 20

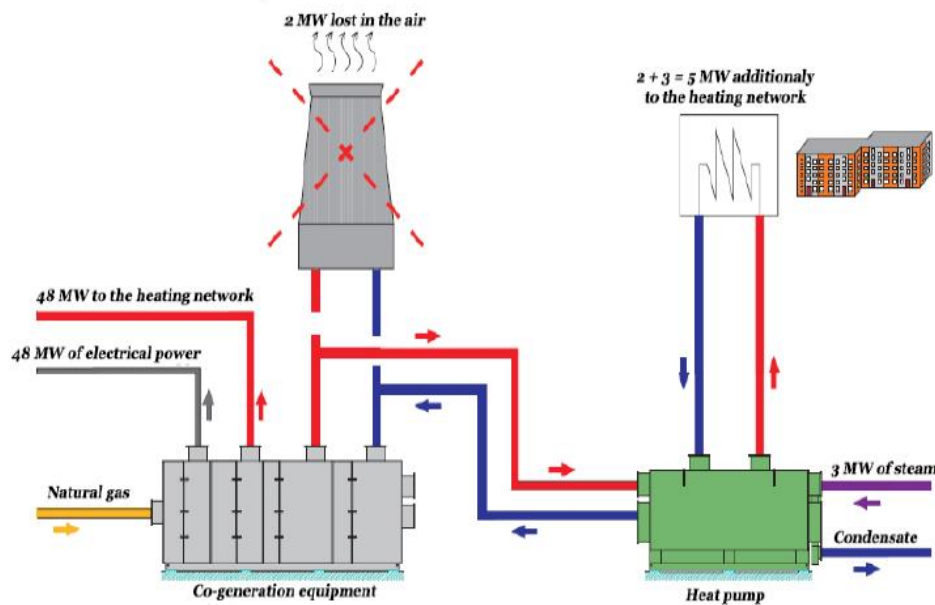


Figura 48, Schema di recupero di calore da impianto cogenerativo tramite pompa di calore per l'impianto di Riga "Imanta". Fonte: Riga Smart City SEAP; pag. 52

Si vede come tale semplice schema d'impianto consenta un recupero di 2 MW termici di calore dai fumi esausti della combustione, a cui vanno aggiunti 3 ulteriori MW termici di recupero dal vapor d'acqua usato nella cogenerazione elettrica. Tale calore viene poi fornito direttamente alla rete di teleriscaldamento, in modo tale da ridurre di conseguenza i consumi e aumentare l'efficienza. Il costo totale del progetto è stimato in 696.665 €. I risparmi ottenibili da tale progetto sono invece stimati in 842.000 m<sup>3</sup> di gas naturale, e un calo di emissioni pari a 1580 tonCO<sub>2</sub>/anno. Dai dati ottenuti, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale pari a 441 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta<sup>31</sup>. Se si assume per la pompa di calore installata una vita utile di 15 anni, si ottiene un rapporto costi benefici complessivo pari a 29,4 €/tonCO<sub>2</sub> totale.

Anche in questo caso, la riduzione annuale è sensibile alla domanda di calore complessiva richiesta. Però va precisato che, poiché questo processo è direttamente legato al calore prodotto, se cala la domanda complessiva cala anche la possibilità di recuperare calore; di conseguenza vi sarà una riduzione di emissioni evitate in parallelo. Queste iniziative di efficientamento, in aggiunta con una serie di interventi strutturali sulla rete del teleriscaldamento (miglioramento e rinnovamento della rete di distribuzione) ha permesso alla città di Riga di ottenere degli ottimi risultati in termini di calo delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Inoltre, visti i risultati ottenuti, l'amministrazione comunale ha iniziato a trasformare alcuni degli impianti cogenerativi dall'alimentazione a gas naturale a quella a biomassa, per azzerarne l'impatto sull'ambiente invece che ridurlo.

Di seguito un grafico esplicativo dell'andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovute al consumo di calore fornito tramite teleriscaldamento.

<sup>31</sup> Fonte dei dati: Recovery of the waste heat by large capacity heat pumps for Riga city district heating system Final Project Report (2011).

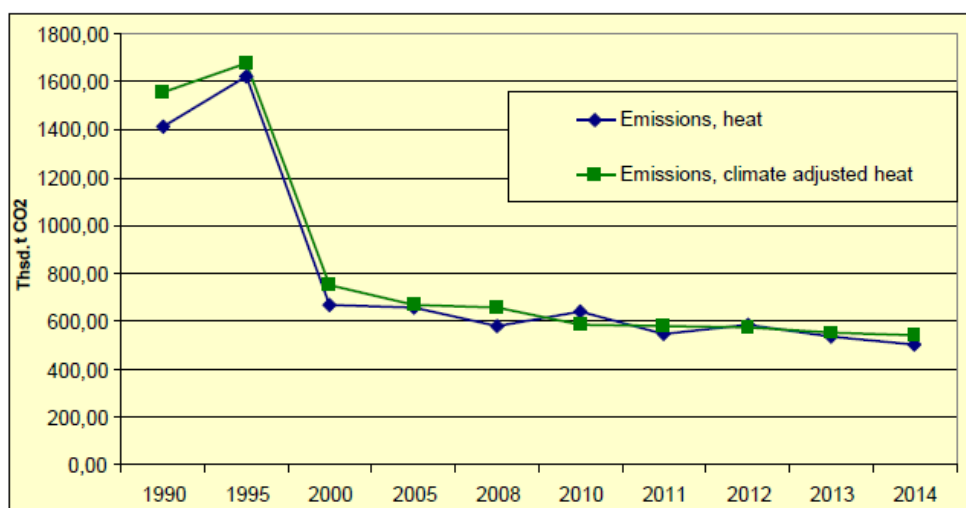


Figura 49, Andamento delle emissioni di CO2 dovute alla generazione di calore per la città di Riga. Fonte: Riga smart city SEAP progress report 2015 (pag.13).

Si può osservare come, modernizzando gli impianti e sfruttando ampiamente la cogenerazione e il recupero di calore, l'amministrazione comunale sia riuscita a far calare le emissioni di oltre il 60%. È necessario però fare una precisazione a questo dato: è stato possibile ottenere una così grande riduzione di emissioni di CO2 in quanto le infrastrutture presenti erano di costruzione sovietica, e in quanto tali a dir poco pessime dal punto di vista dell'efficienza energetica e della sostenibilità. Come già specificato in precedenza quindi, bisogna considerare questa riduzione con le dovute cautele, in quanto è stato semplicemente sfruttato un maggior potenziale d'intervento dalla città dovuto a ragioni storiche. Bisogna poi tenere a mente come gli impianti alimentati a gas naturale siano comunque fonte di emissioni di CO2, seppur in valori ridotti. Risulta chiaro quindi come tale soluzione non possa essere definitiva per azzerare le emissioni.

Ciò non toglie comunque come si siano conseguiti dei notevoli miglioramenti nell'ambito della gestione efficiente delle risorse, dell'efficienza energetica e del calo dei consumi; e di come tale approccio non possa che dare risultati positivi alle amministrazioni che lo seguano.

## 6.5 Generazione di energia da rifiuti: Utilizzo biogas da rifiuti urbani

L'utilizzo di gas per la generazione di energia elettrica è in grande diffusione, visti i bassissimi valori di emissioni di CO2 e altri gas serra o inquinanti che si possono ottenere. Sta prendendo piede però anche lo sfruttamento dei gas generati dalla fermentazione di materia organica, il cosiddetto "biogas". Tale gas, di origine biologica, viene generato principalmente nelle discariche e nei grandi depositi di rifiuti, e ha un contenuto di metano di circa il 55%. Normalmente tale gas viene semplicemente disperso in atmosfera. La dispersione di tale gas è corresponsabile dell'effetto serra, in quanto bisogna tenere a mente come il metano abbia un potenziale di effetto serra pari a 21 volte quello della CO2. In altre parole, la dispersione di una tonnellata di gas metano in atmosfera è equivalente (in termini di effetto serra) alla dispersione di 21 tonnellate di CO2. La composizione del biogas è la seguente:

Molecole	Presenza nel biogas (%)
Metano (CH <sub>4</sub> )	55 – 65 %
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	35 – 45 %
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S)	0,02 – 0,2 %
Vapore d'acqua	saturazione
Idrogeno (H <sub>2</sub> ), ammoniaca (NH <sub>3</sub> ), ossigeno (O <sub>2</sub> ), azoto molecolare (N <sub>2</sub> ), silossani	tracce

Figura 50, composizione standard del biogas generato dalle discariche. Fonte: La digestione anaerobica di rifiuti e biomasse: rassegna delle potenzialità specifiche di produzione di biogas; reperibile presso il link <http://www impiantidicogenerazione.com/docs/potenzialita-produzione-biogas.pdf>

Si vede come la presenza di metano nel gas lo renda interessante ai fini di una combustione per ottenere energia di recupero. La presenza di idrogeno solforato lo rendere però corrosivo per alcuni elementi dei motori, che vanno perciò mantenuti spesso.

Un esempio di recupero del biogas generato dai rifiuti è fornito dalla città di Málaga, in Spagna. La città ha infatti creato un impianto di recupero del biogas generato dalla fermentazione di rifiuti urbani. Il biogas ottenuto viene poi usato per alimentare dei motori elettrici; l'elettricità ottenuta viene poi in parte usata direttamente dal centro stesso, in parte venduta alla rete. L'idea di fondo è molto semplice. I rifiuti vengono stoccati in dei pozzi di captazione del biogas. Il biogas che si genera tende a salire (in quanto più leggero dell'aria) e viene raccolto, trattato e purificato per renderlo sfruttabile per la combustione di motori elettrici. L'impianto installato ha una potenza relativamente piccola (3 MW elettrici), data la piccola taglia dei motori. È chiaro come la gestione di tale gas sia complessa, in quanto è costante il rischio di esplosione accidentale; si usa un'estesa rete di tubazioni per portarlo all'impianto di raccolta e purificazione.



Figura 51, Foto dell'impianto elettrico a biogas. Fonte: <http://www.limasa3.es/noticias/la-produccion-de-electricidad-en-el-centro-ambiental-es-noticia> (in spagnolo)

Le stime sulle emissioni e la produzione sono fatte singolarmente per ogni motore, quindi è necessario poi moltiplicare i valori ottenuti per il numero di motori installati. Per tenere in moto un generatore a biogas si

stima come necessaria una produzione di biogas annuale di 3,5 milioni di m<sup>3</sup> <sup>32</sup>; nella quale si stima un contenuto di 1.380 tonnellate di gas metano. Tali tonnellate di metano vengono bruciate e perciò non emesse in atmosfera. Noto il potenziale di effetto serra del metano, si possono stimare quindi le emissioni evitate da tale motore come circa 29.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. In aggiunta alle emissioni direttamente evitate, bisogna considerare quelle che si evitano consumando la corrente prodotta dai generatori a biogas. Un singolo motore produce all'incirca 7.000 MWh/anno; assumendo un fattore di generazione locale di 0,44 tonCO<sub>2</sub>/MWh (come tabellato nel capitolo d'introduzione) si ottiene:

$$\text{emissioni evitate} = 7000 \cdot 0,44 = 3080 \text{ tonCO}_2/\text{anno}$$

Si ha quindi una riduzione complessiva di 32.080 tonCO<sub>2</sub>/anno per singolo motore. In totale quindi l'intero impianto, dotato di 3 motori identici, può portare ad una riduzione di 96.240 tonCO<sub>2</sub>eq/anno; una cifra notevole. Inoltre, ben l'85% della totale energia prodotta viene venduta sulla rete, il che dà anche un ritorno economico all'impianto stesso.

Il costo totale dell'investimento per l'impianto di tre motori è stimato in 3,52 milioni di €. La stima è stata fatta nel modo seguente: la sezione dedicata all'iniziativa sul sito del Patto dei Sindaci riporta il costo dell'impianto avente due singoli motori (2,48 milioni di €); a tale costo è stato aggiunto il valore stimato dal PAES per l'installazione del terzo motore dell'impianto (1,04 milioni di €).

Di conseguenza, si può calcolare un rapporto costi-benefici pari annuale a 37 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Se si va a effettuare la stima sull'intera vita tecnica del generatore elettrico, assunta pari a 10 anni, si ottiene un rapporto costi-benefici pari a 3,7 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Le criticità maggiori di questa iniziativa risiedono principalmente nell'efficacia della produzione di energia, e nel fatto che anche così facendo non si riescono ad annullare totalmente le emissioni, ma semplicemente a ridurle di un buon valore. Inoltre, il biogas stesso contiene ancora CO<sub>2</sub>, la quale non venendo alterata dalla combustione viene riemessa in atmosfera. Inoltre, è necessaria una manutenzione frequente per i motori, in quanto alcuni componenti sensibili vengono facilmente corrotti da alcuni elementi presenti nel biogas; il che ha chiaramente un costo non indifferente. Il biogas inoltre deve avere un contenuto di metano superiore al 40%, il che implica che alle volte sia necessario purificare quanto si ottiene dalle discariche. Infine, tale iniziativa va incentivata, in quanto dati i costi iniziali rischia di non essere competitiva sul mercato elettrico.

Ciò non toglie come l'iniziativa sia molto interessante, intanto per l'elevato potenziale di riduzione che porta; inoltre si può comunque ottenere un recupero di energia e calore dalla combustione di materiali che altrimenti andrebbero direttamente in discarica. Non si può trascurare anche la notevole riduzione dei volumi che si può ottenere sfruttando in tal modo i rifiuti invece che conferirli direttamente in discarica. In questo modo si aumentano notevolmente i tempi d'esaurimento dei siti scelti per lo stoccaggio dei rifiuti urbani. Infine, si ha anche una riduzione degli odori derivanti dal deposito dei rifiuti urbani in discarica.

L'idea di fondo comunque porta numerosi benefici, ed è perciò riprodotta in altre parti del mondo. In molte altre città infatti sono presenti o allo studio impianti di questo tipo, al fine di ridurre le emissioni in modo efficace e sfruttare dell'energia comunque pulita.

Si può rendere ancora più conveniente l'utilizzo del biogas, sfruttandone la combustione non solo per la produzione di energia elettrica, ma anche per la fornitura di calore; sostituendolo quindi alle fonti fossili anche per soddisfare la domanda energetica nelle reti di teleriscaldamento. Sono allo studio infatti motori cogenerativi alimentati con tale fonte di energia, per rendere la cogenerazione completamente sostenibile dal punto di vista ambientale e non più dipendente dalle fonti fossili.

## 6.6 Generazione di energia da rifiuti: incenerimento dei rifiuti

L'altra strada che può essere intrapresa dalle amministrazioni locali per la gestione dei rifiuti urbani è quella dell'incenerimento dei rifiuti solidi urbani, sfruttando poi l'energia ottenuta per la generazione di calore e di

---

<sup>32</sup> Fonte dei dati: <http://www.limasa3.es/tratamiento/planta-de-desgasificacion-y-produccion-de-energia-electrica> pagina web della società di gestione dei servizi di Málaga dedicata all'impianto (in spagnolo)



energia. In tal modo è anche possibile sfruttare la configurazione già discussa prima dell'impianto cogenerativo, pur alimentandolo con un combustibile di qualità inferiore quale il rifiuto solido urbano. Un caso pratico di questo modo di agire si può trovare nella città di Tampere, in Finlandia. L'amministrazione comunale ha infatti recentemente ultimato (nel 2016) un nuovo impianto cogenerativo alimentato a rifiuti solidi urbani, ove vengono incenerite oltre 160.000 tonnellate di rifiuti cittadini all'anno, ottenendo dalla combustione elettricità e calore per la rete di teleriscaldamento cittadino. L'impianto consiste in un inceneritore di 60 MW di potenza, che annualmente riesce a fornire oltre 310 GWh di calore e 90 GWh di elettricità per soddisfare la domanda energetica cittadina. Un impianto di questo tipo, a causa del combustibile utilizzato, ha bisogno di un sistema di gestione e filtraggio dei fumi di scarico estremamente efficiente ed efficace, onde evitare non solo le emissioni di CO<sub>2</sub>, ma anche quelle di tutta una serie di gas inquinanti dannosi per l'ambiente e per la salute umana (NO<sub>x</sub>, particolato, SO<sub>x</sub>, ecc.), che richiede un'attenta pianificazione e manutenzione, il che ha un costo non indifferente sia sull'investimento iniziale che sui costi operativi di gestione. Il costo complessivo dell'investimento è stimato in 110 milioni di €; la riduzione annuale di emissioni di CO<sub>2</sub> (equivalenti) viene stimata in 86.000 tonCO<sub>2</sub>/anno. Da questi valori si può perciò stimare un rapporto costi-benefici pari a 1.279 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Assumendo una vita utile dell'impianto pari a 30 anni, si ottiene un totale rapporto costi-benefici pari a 42,6 €/tonCO<sub>2</sub>.

Bisogna poi aggiungere un'altra serie di benefici, quali: lo sfruttamento di materiale che altrimenti sarebbe stato conferito direttamente in discarica senza alcun utilizzo. Inoltre, si ottiene una notevole riduzione dei volumi di rifiuti incenerendoli, in modo tale da dilatare notevolmente il tempo d'esaurimento dei siti di stoccaggio. Anche in questo caso, la maggior criticità di tale iniziativa sta nel pesante investimento richiesto; che necessita di un convinto e costante sostegno da parte dell'autorità cittadina alla realizzazione dell'opera. Non sono da trascurare inoltre (in alcuni paesi) problemi di accettabilità pubblica. Molto spesso infatti gli inceneritori sono visti come inquinanti e nocivi per la salute pubblica, e le amministrazioni si trovano ad affrontare dure proteste dei cittadini che portano a notevoli ritardi nei lavori, con un aggravio non indifferente dei costi da sostenere. Per rendere accettabile una simile opera è essenziale informare correttamente tutte le parti in causa, in modo tale che il percorso verso il suo completamento sia quanto più agevole possibile.

## **6.7 Costruzione rete di teleriscaldamento con cogenerazione distribuita**

Per sfruttare al meglio le potenzialità di tali impianti, è necessario avere una rete di teleriscaldamento estesa e ben pianificata, che sia in grado di soddisfare alle singole richieste di calore delle varie utenze connesse. Gli impianti sopracitati infatti erano spesso progettati su delle reti già esistenti, e andavano perciò semplicemente a migliorare la generazione di energia da immettere in tali reti. Il discorso diventa ben più complesso quando è necessario sviluppare tale rete di teleriscaldamento ex-novo, in quanto si ha necessità di progetto preciso e ben studiato, di cui può essere interessante esaminarne gli sviluppi. Un possibile esempio di sviluppo complessivo e integrato di una rete di teleriscaldamento comprensiva di impianti di generazione di calore tramite fonti ad alta efficienza si può trovare nella città di Birmingham, nel Regno Unito. La città intende ridurre le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> del 40% entro il 2020, e perciò ha lanciato un vasto e ambizioso progetto chiamato "Birmingham District Energy scheme". Il progetto inizialmente doveva fornire energia e calore a circa 10 grossi utenze pubbliche e private (un ospedale, il municipio, lo stadio cittadino, ecc.); ma si è rapidamente esteso grazie al notevole successo in termini di risparmio sia economico che di emissioni. La rete di teleriscaldamento sviluppata fa ampio utilizzo di impianti cogenerativi; tali impianti d'estate vengono anche sfruttati per effettuare del raffrescamento ove ve ne fosse domanda. Si può infatti utilizzare il calore in eccesso per alimentare un ciclo inverso in un chiller e raffrescare gli ambienti. Inoltre, per ridurre le perdite di trasmissione, si è sfruttato un concetto alternativo per la generazione di energia. Infatti, in questo caso, si sono installati piccoli impianti cogenerativi di limitata potenza in vari punti nodali della rete, in modo tale da ottimizzare la generazione di calore ed energia in base alla domanda. Si sfrutta così una generazione "de-centralizzata", in cui di solito i motori cogenerativi vengono installati vicino alle

utenze aventi il fabbisogno energetico più elevato (ad esempio, un generatore da 1,6 MWe è installato nelle vicinanze del centro conferenze internazionale della città). Il progetto è nato nel 2003 con i primi studi di fattibilità; nel 2006 è stato firmato il primo contratto di fornitura di energia tra l'amministrazione e la compagnia operante il servizio. Il contratto ha durata di 25 anni, valore ragionevole visti i notevoli costi d'investimento iniziali per una simile opera. Il servizio di teleriscaldamento è diviso in due aree della città, a cui corrisponde una propria rete: Broad Street Scheme, la prima ad essere lanciata. Successivamente, si è aggiunta una seconda rete di riscaldamento, divisa in due fasi: la East Side Scheme. Di seguito delle immagini delle aree raggiunte da tale servizio:

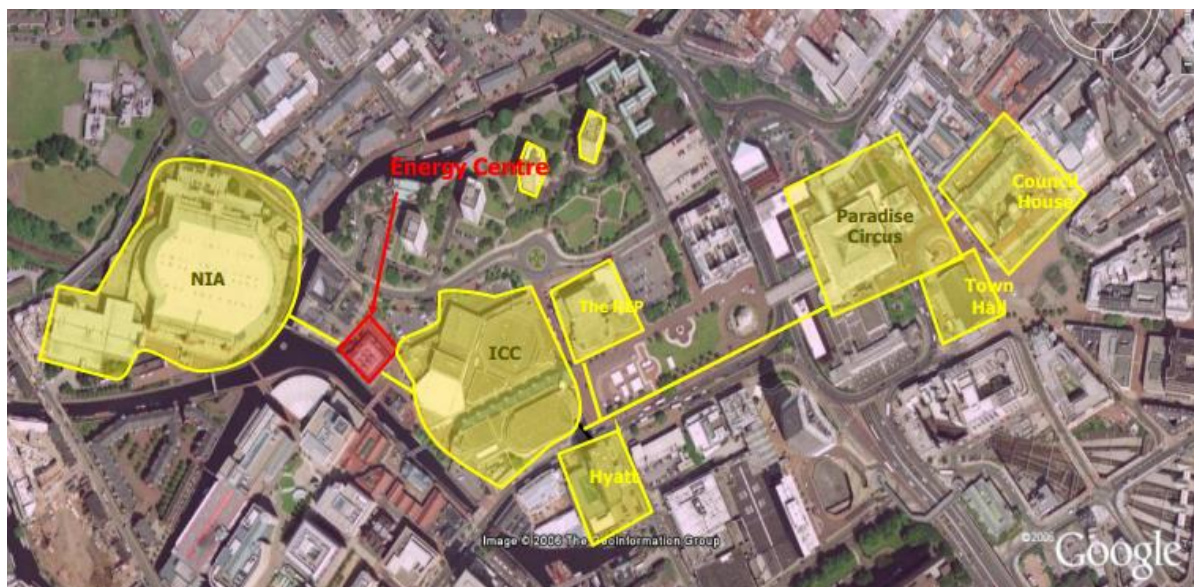


Figura 52, Aree servite dalla rete di riscaldamento " Broad Street Scheme". Fonte: Energy Efficiency Involving and working with local stakeholders: Birmingham District Energy Scheme. PDF di presentazione dell'iniziativa, reperibile al link <http://www.wmemployers.org.uk/media/upload/Cofely%20Energy.pdf>

Si vede come in questo caso, il progetto originale sia stato pensato per servire utenze aventi elevati consumi: si ha nella foto il municipio cittadino, il centro internazionale delle conferenze della città, lo stadio cittadino coperto, e un hotel di lusso. Il centro di generazione di energia (in rosso sulla cartina) è dotato di: un impianto cogenerativo da 1,6 MW elettrici; 7,3 MW di calore addizionale generato con caldaie a gas a condensazione, e un sistema di raffrescamento (chiller) da 4,9 MW; recentemente sono stati aggiunti ulteriori 600 kW elettrici nei pressi dello stadio cittadino.

Nel caso invece della seconda rete, si è pensato a coprire anche un'altra serie di utenze:



Figura 53, Aree di presenza e possibile futura espansione della rete di teleriscaldamento "East Side Scheme". Fonte: Energy Efficiency Involving and working with local stakeholders: Birmingham District Energy Scheme. PDF di presentazione dell'iniziativa, reperibile al link <http://www.wmemployers.org.uk/media/upload/Cofely%20Energy.pdf>

In questo caso invece si nota come la rete di teleriscaldamento creata abbia due differenti punti di generazione (Energy centre nella mappa). In giallo vi sono le utenze già servite: l'università cittadina e il locale ospedale per l'infanzia (BCH); in aggiunta ad altre utenze di più modesta entità (un blocco di case popolari). Le aree verdi invece raffigurano le espansioni potenziali. In questo caso, i due centri di generazione di energia e calore sono dotati esclusivamente di motori cogenerativi, il primo (dell'università) di 3 MW e il secondo di 1,6 MW (dedicato all'ospedale infantile). Dalle mappe si può notare come i centri di produzione effettiva di calore siano posizionati in punti strategici della rete, in cui minimizzare la distanza a cui trasportare il calore e di conseguenza le inevitabili perdite di trasmissione. È allo studio la possibilità di collegare in futuro le due aree per gestire al meglio eventuali generazioni locali eccessive di calore. Inoltre, le aree potenziali di espansione riguardano sia utenze domestiche che di altro tipo, a indice delle vaste possibilità che offre un progetto di questo tipo. Tale iniziativa porta dei risparmi economici non trascurabili. In totale si stima che, grazie a tale rete, si risparmino all'anno circa 300.000 £ (=330.000 € al cambio attuale<sup>33</sup>) sulle bollette energetiche. In termini percentuali, si stima un possibile risparmio sulle bollette compreso fra il 5 e il 10%. Per utenze aventi consumi così elevati (l'utenza più piccola nella cartina, indicata con BCC, possiede una superficie coperta di 21.000 metri quadri), si parla di cifre significative (migliaia di € risparmiati all'anno)<sup>34</sup>. Per dare un riferimento pratico, la locale "Aston University" stima, grazie al collegamento alla rete di teleriscaldamento, un risparmio del 5% sui consumi sia di elettricità che di calore. In termini monetari, ciò si traduce in un risparmio netto annuale di 35.360 £ (=38.896 €) sulla bolletta del riscaldamento, e di 55.725 £ (=61.298 €) all'anno sui costi di elettricità. Complessivamente quindi si raggiunge un risparmio annuale dell'ordine dei 100.000 €<sup>35</sup>; una cifra rilevante anche per un'istituzione delle dimensioni di un'università (quella cittadina ha circa 10.000 studenti). Ciò va a riprova di quanto affermato prima, ossia che anche una piccola riduzione in termini relativi comporta comunque dei grandi risparmi economici.

<sup>33</sup> Cambio 1£=1,10 € al 25/08/2017

<sup>34</sup> Fonte della descrizione: <http://www.decentralized-energy.com/articles/print/volume-12/issue-3/features/birmingham-uses-chp-and-trigeneration-in-district-energy-scheme.html>

<sup>35</sup> Fonte dati: <http://www.se-forum.co.uk/wp-content/uploads/2017/07/Andrew-Bryers.pdf>, PDF di presentazione dei risultati di collegamento alla rete di teleriscaldamento.

In totale, si stima che tali reti di teleriscaldamento abbiano ridotto le emissioni di gas serra di circa 12.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno, con riferimento al 2011. Vista la continua espansione della rete, non bisogna sorprendersi se tale valore è in continua crescita. L'ultima brochure disponibile sulla rete, datata al 2016, stima dei risparmi complessivi di CO<sub>2</sub> nell'ordine di oltre 15.000 tonnellate all'anno. In aggiunta, sono prodotti complessivamente oltre 60.000 MWh di calore e 47.000 MWh elettrici dai vari impianti. Si è riusciti a contenere le perdite di calore inoltre a soli 0,5 °C per km di tubatura, un risultato notevole. La stima dei costi relativa alle prime reti è di 7 milioni di £, al cambio attuale circa 7,7 milioni di €. Considerando affidabile questo dato, si ottiene un rapporto costi benefici annuale di 584 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta (con riferimento alla riduzione iniziale di 12.000 tonCO<sub>2</sub>/anno). Tale dato è stato ricavato da due diverse presentazioni sulla rete di teleriscaldamento, mentre risulta mancante la stima di costo dell'opera sul PAES cittadino. La stima del rapporto complessivo di costi-benefici si può fare su due linee parallele: si calcola sulla vita utile del motore cogenerativo, pari a 10 anni, e si ottiene un valore di 58,4 €/tonCO<sub>2</sub>; oppure lo si stima sulla vita utile dell'intera rete del teleriscaldamento, pari a 60 anni. In questo caso si ottiene un valore pari a 9,7 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Per coerenza, sarà assunto poi il valore più conservativo dei due, ossia di 39 €/tonCO<sub>2</sub>.

La pagina dedicata all'iniziativa sulla sezione "benchmark of excellence" del sito del patto dei sindaci stima un costo ben più elevato, di 170 milioni di €. Non è stato possibile trovare alcun riscontro di tale valore, e francamente risulta esagerato viste le basse potenze in gioco e la relativa scarsa lunghezza della rete (non oltre 4 km di tubature). L'iniziativa ha avuto un grande successo, e ha generato anche un ritorno economico non indifferente per la ditta che gestisce il servizio. La maggior difficoltà nell'implementare un progetto di questo tipo è il costo. Dato l'elevato investimento richiesto infatti, è necessario che l'investitore abbia garanzia di avere ricavi per un elevato numero di anni. Di conseguenza i contratti di fornitura energetica che sono stati stipulati per l'occasione hanno tutti durata di 25 anni, in modo tale da garantire un'adeguata remunerazione all'azienda investitrice. Inoltre, un progetto di questo tipo richiede un attento studio e un'ottima pianificazione; per il dimensionamento corretto della rete e degli impianti è necessario un'analisi precisa della domanda, di come essa cambi nel corso di vari intervalli temporali, e di tutte le altre variabili che possano entrare in gioco. Serve perciò anche un costante e forte supporto politico a tale iniziativa, che garantisca il pieno sviluppo di una tale opera. Infine, la generazione distribuita comporta dei costi più elevati di sorveglianza e manutenzione degli stabili, in quanto vi sono più generatori sparsi per la città che devono costantemente essere sorvegliati in quanto luoghi sensibili.

La società erogatrice del servizio, per invogliare sempre più utenze a connettersi alla rete, utilizza un approccio simile a quello delle ESCO. Essa infatti garantisce a tutti i suoi nuovi clienti un risparmio netto sui costi di elettricità e calore compresi fra il 5% e il 10%, a seconda del tipo di utenza che si va ad allacciare. La compagnia quindi si remunera solo ed esclusivamente tramite i risparmi degli utilizzatori, che sono poi garantiti al netto dell'inflazione e aumenti dei costi dell'energia tramite un'indicizzazione annuale finanziaria. Nel caso di edificio di nuova costruzione inoltre, si introduce anche un risparmio secco sui costi d'investimento, in quanto non è necessario installare una propria caldaia (a parte, eventualmente, dei piccoli impianti di emergenza). Gli sviluppi futuri di tale progetto viaggiano su due strade in contemporanea: da una parte, si punta ad allargare sempre più la rete di teleriscaldamento e di coinvolgere sempre più privati nel progetto. Dall'altra invece l'obiettivo è di integrare sempre più fonti rinnovabili per la generazione di elettricità e calore. Gli impianti attuali infatti funzionano a gas, ma è allo studio la possibilità di utilizzare motori che brucino biomassa, biogas o direttamente rifiuti solidi urbani, come i tradizionali inceneritori. È prevista poi la possibilità di accoppiare tale generazione di energia con altri tipi di generazione sempre rinnovabile, quale ad esempio quella prodotta da pannelli fotovoltaici. L'iniziativa è un indubbio successo ed in continua espansione, visto anche che essa consente ad una serie di enti pubblici e non di avvicinarsi ai propri obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra. L'allacciamento al teleriscaldamento infatti azzerava le emissioni di CO<sub>2</sub> per l'edificio dovute alla generazione di calore. Va comunque precisato che in questo caso tali emissioni vengono semplicemente "spostate" al di fuori del proprio sistema di riferimento. È innegabile

che si ha un'ottima riduzione emissiva, come già mostrato, e degli ottimi vantaggi economici per ambo le parti in causa.

## 6.8 Sfruttamento di fonti rinnovabili: costruzione parco eolico

Un obiettivo molto ambizioso è quello che è stato fissato dalla città di Nijmegen, nei Paesi Bassi. Tale città ambisce infatti a diventare clima-neutrale entro il 2050, e perciò sta procedendo a passo spedito sulla strada della generazione di energia tramite fonti rinnovabili. Di seguito l'andamento dei consumi cittadini:

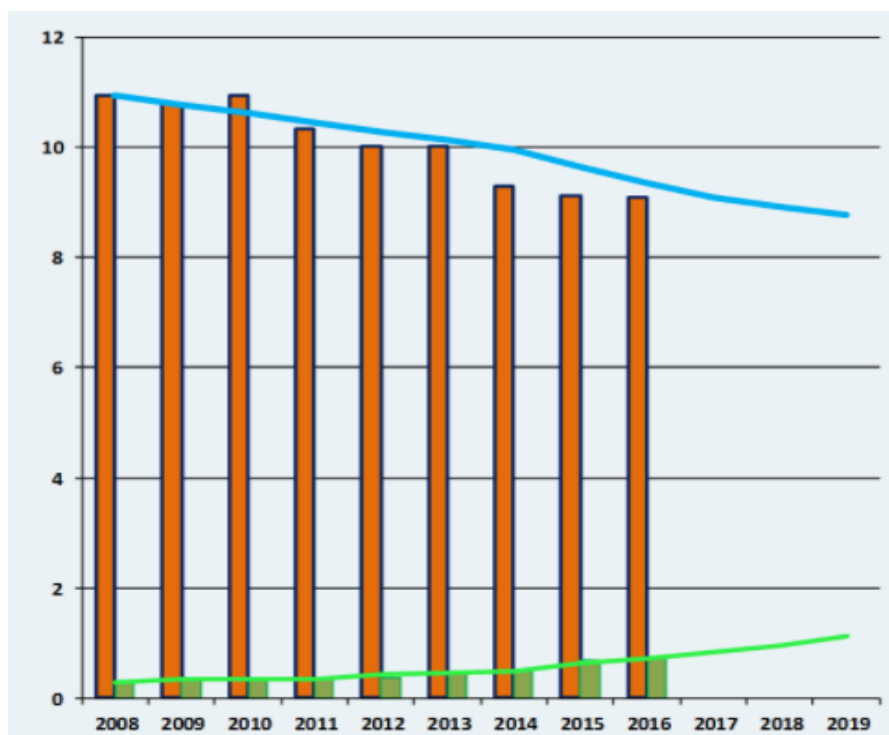


Figura 54, andamento dei consumi di energia per la città di Nijmegen, Paesi Bassi. Fonte: <https://power2nijmegen.nl/monitoring-energiecijfers/> (in olandese)

Nel grafico si può osservare: le barre arancioni rappresentano il consumo totale di energia; le barre verdi il consumo di energia rinnovabile. Le due linee invece rappresentano l'indicatore del trend dell'andamento dei consumi delle due energie. L'aumento costante di energia rinnovabile è dovuto ai numerosi progetti intrapresi nel campo dell'energia eolica e solare. In ordinata i consumi espressi in MJ/anno.

Per esempio, è stato lanciato nel 2012 un progetto di costruzione di un ampio parco eolico, capace di fornire elettricità fino a 8.000 utenze domestiche. Interessante è inoltre la fonte di finanziamento: parte dei fondi infatti è stata reperita tramite una struttura di azionariato popolare, in cui ogni cittadino della città ha la possibilità di partecipare come investitore nel parco eolico e ottenere i dividendi dei proventi ottenuti. Così facendo, si è arrivati ad avere oltre 1.000 soci partecipanti con una raccolta di fondi di 2 milioni di €. Tale parco eolico consta di 4 turbine, che hanno dato un grosso contributo alla crescita della generazione di energia sostenibile nel grafico appena esposto sopra per il 2016 (anno di entrata in servizio). La costruzione di tale campo eolico è descritta dettagliatamente nel sito tramite un grafico interattivo. L'intero investimento di costruzione del parco eolico è stato stimato in 20 milioni di € nel documento di presentazione del progetto<sup>36</sup>. In aggiunta, è stimata una produzione elettrica annuale pari a 27.500 MWh/anno. Con questi dati, si può stimare la riduzione di tonnellate annuali di CO<sub>2</sub>, usando il fattore di emissione nazionale fornito dalla

<sup>36</sup> Fonte: Windpower Nijmegen (in olandese), PDF reperibile al link <http://www.windparknijmegenbetuwe.nl/wp-content/uploads/2013/10/WindpowerNijmegen-offerte-dec.-2012.pdf>

libreria on-line del patto dei sindaci. Per l'Olanda risulta essere pari a 0,435 tonCO<sub>2</sub>/MWh elettrici. Di conseguenza, il calcolo risulta:

$$\text{emissioni evitate: } 0,435 \cdot 27.500 = 11.963 \text{ tonCO}_2/\text{anno}$$

Tale valore è di stima, basato sui dati forniti dal documento di presentazione del progetto. Usando la stima delle emissioni evitate, si può quindi ricavare il rapporto costi-benefici per tale iniziativa: 1672 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Riferendosi all'intera vita utile del parco eolico, stimata in 25 anni, si ottiene un rapporto costi-benefici complessivo pari a 67 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta.

Va precisato come tale valore possa aumentare anche sensibilmente nel caso in cui, per un qualunque fattore esterno (guasti, mancanza di domanda, assenza di vento, ecc.) la produzione non dovesse assestarsi su tale valore o su uno comunque vicino. È chiaro come un simile progetto richieda un attento studio di fattibilità, dato l'elevato numero di variabili in gioco (disponibilità di vento, stagionalità, conformazione del territorio, analisi della domanda, ecc.); il che implica un tempo aggiuntivo e un maggior costo complessivo. Inoltre, come in ogni stato europeo, un parco eolico ha necessità di venire incentivato, altrimenti avrebbe costi di generazione troppo elevati e finirebbe fuori mercato. Infine, un progetto di questo tipo ha bisogno di sostegno politico e sociale per essere portato avanti senza intoppi. Ciò non è scontato, sia per gli elevati costi d'investimento, sia per alcuni problemi che negli anni sono sorti relativi all'accettabilità sociale (in Italia vi sono state manifestazioni di dissenso verso le pale eoliche per i motivi più disparati, compreso quello di "deturpazione del paesaggio"). Il problema dell'accettabilità sociale è stato affrontato in modo innovativo e interessante dalla società responsabile della costruzione del parco eolico in questione. Infatti, come già detto in precedenza, si è creato un "azionariato popolare", in cui i cittadini potevano diventare azionisti del parco eolico stesso comprando una quota di partecipazione a 210 €, prendendo poi parte nel tempo alla distribuzione dei dividendi. Una singola persona può poi chiaramente comprare più azioni e investire una maggior quantità di denaro, ottenendo un proporzionale aumento del ritorno economico sull'investimento. Il documento di presentazione del progetto stima che in tale modo sia possibile raccogliere fino al 20% del totale finanziamento necessario. Inoltre così facendo si è ottenuto un buon coinvolgimento locale, e assieme ad una corretta informazione non si è avuto il problema delle manifestazioni di dissenso. Inoltre, è in progetto un ampliamento di tale parco e una combinazione con altre fonti rinnovabile (solare), in modo da aumentarne la produzione elettrica. È menzionata inoltre la possibilità di implementare anche generazione di calore tramite solare termico con abbinato accumulo, anche se va specificato che tale possibilità è sperimentale e comunque definita come "sviluppo futuro", da considerare con le dovute cautele perciò.

## **6.9 Sfruttamento di fonti rinnovabili: costruzione impianto idroelettrico:**

La fonte rinnovabile più semplice da sfruttare resta l'idroelettrico; avendo tecnologia più che conosciuta, degli ottimi rendimenti, una costante disponibilità alla generazione e una notevole flessibilità di produzione, che le consente anche di agire come regolatore della rete e di sopperire ai picchi di carico della stessa. Risulta chiaro come quindi anche alcune amministrazioni possano essere interessate ad investire nel settore, ove ve ne sia la possibilità. In generale, poiché si parla di progetti gestiti da autorità relativamente "di basso livello", si parla sempre di progetti di piccola grandezza, non più di qualche decina di MW di potenza. I progetti più grossi infatti, dato il loro interesse strategico e gli elevati investimenti richiesti, sono sempre gestiti a livello nazionale dal governo centrale. Si può andare ad esaminare il caso della città di Brema, in Germania. La città si è data l'ambizioso obiettivo di ridurre le proprie emissioni del 40% entro il 2020, e perciò ha agito in maniera intensiva anche sulla generazione di energia locale. Data la sua particolare locazione geografica (Brema è un grosso porto europeo, si trova sulla costa nord-ovest della Germania) e l'assenza di rilevanti dislivelli naturali da poter sfruttare ai fini della produzione elettrica, si è dovuto sfruttare un principio differente di produzione energetica, ma pur sempre efficace. L'impianto idroelettrico infatti è stato costruito sulla foce del fiume Weser, e per la produzione di energia idroelettrica sfrutta il dislivello fra la foce del fiume e l'oceano, che si crea grazie alla variazione della marea.



Figura 55, Foto dell'impianto idroelettrico sul fiume Weser. Fonte: <http://www.weserkraftwerk-bremen.de/index.html>

L'impianto dunque è del tipo "ad acqua fluente", in quanto sfrutta il moto costante del fiume e non l'energia potenziale ottenibile da un dislivello geologico (come gli impianti tradizionali). La variazione di marea inoltre induce un aumento del flusso nelle ore in cui il livello del mare è più basso, dato l'aumento del dislivello fra i due. Bisogna tenere a mente che nel caso dell'oceano Atlantico, le maree sono molto più rilevanti, e possono far variare il livello dell'acqua di qualche metro. Un impianto di questo tipo richiede una serie di accorgimenti particolari: poiché lavora ad acqua fluente, le condizioni di lavoro delle turbine atte alla generazione di elettricità saranno estremamente variabili. È necessario quindi disporre di impianti dotati di elevata flessibilità e di ottima capacità di regolazione e di adattamento. Le turbine utilizzate sono del tipo Kaplan modificate, in quanto possono ruotare le pale per adattarsi alla migliore condizione di flusso. È evidente come una simile condizione operativa richieda un progetto estremamente preciso e complesso, con dei costi notevoli. Bisogna inoltre disporre di ottimi apparati di misura, per poter regolare efficacemente l'orientamento delle pale in modo da poter massimizzare il flusso. Infine, è necessario disporre di misure per la tutela della fauna ittica presente nel fiume, per non causare danni all'ecosistema presente in tale zona.

Il progetto è stato lanciato nel 2008, ed è entrato definitivamente in servizio regolare nel 2012. L'impianto in questione ha una potenza massima di 10 MW, può fornire fino a 39 GWh di energia annuali (sufficienti ad alimentare 15.000 case della città tedesca) e, grazie a tale generazione di elettricità, riduce le emissioni di CO<sub>2</sub> annuali di circa 15.000 tonnellate. La potenza fornita è pressoché la massima sfruttabile date le condizioni disponibili; inoltre le turbine lavorano a pieno carico per non più di 180 giorni all'anno.

L'investimento complessivo per l'impianto è stimato in 56,5 milioni di € complessivi<sup>37</sup>. Usando questi dati, si può stimare un rapporto costi-benefici pari a 3.767 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Riferendo tale valore alla vita tecnica dell'impianto, stimabile in 50 anni, si ottiene un rapporto costi-benefici complessivo pari a 75,3 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Inoltre, si ha a disposizione un impianto con costi operativi molto bassi, in quanto necessita solo della manutenzione annuale programmata e del personale di sorveglianza; non vi sono extra costi. La criticità maggiore di tale progetto è il costo elevato e l'accettabilità pubblica. Servono infatti degli elevati stanziamenti iniziali; inoltre, vista la complessità dell'opera, è lecito aspettarsi che siano necessari tempi molto lunghi per la stesura, l'approvazione e la messa in moto di tutto il progetto. Nel caso preso in esame, i primi studi preliminari sul progetto risalgono al 2001, quando si è sviluppato il concetto di fondo su cui poi basare l'intero impianto. Il progetto è stato gestito da un consorzio di compagnie; è fondamentale quindi una coordinazione efficiente ed efficace fra le parti. In totale, sono stati necessari circa 11 anni per mettere in servizio il progetto; e i primi anni sono serviti solo a trovare gli investitori interessati all'opera. Poiché l'opera è innovativa nel suo campo, ciò può scoraggiare alcuni investitori, in quanto non si sentono "sicuri" di una futura remunerazione nel caso le cose non andassero come previsto. Bisogna inoltre che non vi siano problemi di opinione pubblica, in quanto un impianto idroelettrico è sempre percepito come devastante dal

<sup>37</sup> Fonte: <http://www.weserkraftwerk-bremen.de/index.html> (in tedesco), sito ufficiale della compagnia che gestisce l'impianto; per i costi: Sezione dedicata del sito benchmark of excellence e [https://de.wikipedia.org/wiki/Weserkraftwerk\\_Bremen](https://de.wikipedia.org/wiki/Weserkraftwerk_Bremen) (in tedesco)

punto di vista ambientale; per evitare tale problema è essenziale un'informazione estesa e capillare di tutta la cittadinanza. Un altro fattore di criticità può essere la localizzazione geografica dell'impianto. Non sempre infatti è disponibile nelle vicinanze di una città la foce di un fiume con un flusso che sia sfruttabile ai fini della produzione elettrica; la lontananza dell'impianto dai luoghi ove sia necessaria l'energia prodotta può richiedere la costruzione di nuove linee elettriche, che hanno costi elevati e introducono delle perdite non indifferenti sulla trasmissione. In questo caso, si è potuto sfruttare una particolare conformazione geografica del territorio, che non è sempre replicabile.

Ciò non toglie come i risultati siano ottimi e abbiano dato ragione ai committenti; e di come siano comunque di possibile applicazione anche nel futuro per altri luoghi adatti.

## **6.10 Sfruttamento energia solare: Installazione di pannelli fotovoltaici da parte dell'Amministrazione**

Per aumentare la generazione locale di energia da fonti rinnovabili, si possono prendere due diverse strade. La prima, quella esaminata finora, consiste nella costruzione di grossi impianti di generazione di energia e/o calore alimentati a fonti rinnovabili o comunque a bassissime emissioni (gas naturale). L'altra strada è quella invece di incentivare la cosiddetta generazione distribuita, ossia spingere affinché ogni utenza diventi almeno in parte generatrice di energia. Tale tipo di generazione è resa possibile principalmente dall'utilizzo di pannelli fotovoltaici, che usando l'energia solare riescono a produrre energia elettrica. Generalmente si usano impianti di piccola potenza, capaci di coprire al massimo i fabbisogni dell'utenza presso cui sono installati. Molto spesso, questo si traduce nell'installazione di impianti fotovoltaici sui tetti degli edifici, sia pubblici che privati. L'amministrazione comunale può quindi agire su due fronti: incentivare in modo finanziario l'installazione di impianti fotovoltaici da parte dei privati sui propri edifici; e provvedere a installare analoghi pannelli sugli edifici pubblici, in modo tale da ridurre il fabbisogno di energia e contribuire alla sostenibilità energetica dell'edificio stesso. Il risparmio elettrico conseguito è poi direttamente quantificabile in un risparmio in termini di emissioni usando la formula del fattore di emissioni nazionale già discusso nel capitolo introduttivo. In realtà, come si vedrà di seguito, la strada privilegiata dalle amministrazioni comunali è quella dell'azione diretta di installazione di tali impianti sugli edifici pubblici. I programmi d'incentivazione ai privati per l'acquisto di impianti a energia solare sono già ampiamente definiti su base nazionale, e risulta ridondante prevedere una doppia copertura d'incentivo, oltre che creare un eccessivo impegno per le finanze comunali. Si corre il rischio inoltre di spingere il mercato in una sola direzione, drogandolo e impedendo lo sviluppo parallelo di altre tecnologie.

Un'iniziativa interessante di installazione di pannelli fotovoltaici sugli edifici pubblici può essere quella del già citato comune di Nijmegen, nei Paesi Bassi. Il progetto semplicemente consiste nell'installazione di pannelli fotovoltaici sulle scuole della città, in modo da renderle più sostenibili. Ciò che lo rende interessante è il metodo di reperimento di fondi, indubbiamente originale. Per trovare le finanze necessarie infatti il Comune ha sfruttato un evento podistico ("seven hills run", la corsa delle sette colline, tenuta nei dintorni della città) tradizionale della città. In tale evento (di impronta ecologica e ambientalista) i partecipanti che arrivavano in macchina erano tenuti a pagare una tariffa extra di 5€. I proventi derivanti da tale tariffa, combinati con quelli ottenuti tramite un'iniziativa di crowdfunding, sono stati poi sfruttati per installare degli impianti fotovoltaici su 16 scuole cittadine. In aggiunta, è stato finanziato un programma scolastico sulle energie rinnovabili, al fine di rendere partecipi fin da subito i futuri cittadini al tema delle energie rinnovabili e dello sviluppo sostenibile. In generale, i proventi derivanti dal supplemento di trasporto dell'evento vengono sempre investiti in progetti ambientali; inoltre, così facendo, si stimolano i partecipanti ad utilizzare i mezzi pubblici per spostarsi e ridurre così il loro impatto ambientale. Si è deciso di destinare per 3 anni, dal 2012 al 2014, i proventi di tale finanziamento per l'installazione dei pannelli fotovoltaici sopracitati. In questo modo, si sono potuti raccogliere oltre 100.000 €, che hanno contribuito all'installazione di oltre 1.500 pannelli fotovoltaici



sulle scuole elementari della città<sup>38</sup>. In aggiunta a tali soldi, altri fondi sono stati trovati tramite donazioni volontarie dei genitori degli iscritti alle scuole. Così facendo, il progetto non ha avuto alcun impatto sulle finanze comunali, e ha comunque consentito di ottenere una discreta riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>. La sezione dedicata al progetto sul sito del patto dei sindaci stima, per le 16 scuole sussidiate che hanno beneficiato dell'installazione dei pannelli fotovoltaici, una generazione di energia rinnovabile di 319 MWh/anno, con una riduzione associata di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 160 tonCO<sub>2</sub>/anno. Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici pari a 625 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Riferendosi ai 20 anni di vita utile di un impianto fotovoltaico, si ottiene un rapporto costi-benefici complessivo pari a 31,25 €/tonCO<sub>2</sub>. Va però precisato che non è molto chiara la stima dei costi, in quanto è stato possibile trovare dati certi solo sulle somme raccolte tramite le iniziative pubbliche, e non vi sono informazioni sui fondi che sono stati raccolti tramite crowdfunding fra i partecipanti all'iniziativa. Di conseguenza, il valore del rapporto costi-benefici è da considerarsi più elevato di quello effettivamente calcolato.

Un altro caso di installazione diretta di pannelli fotovoltaici da parte del comune sugli edifici pubblici può essere quello di Bologna. L'amministrazione comunale infatti ha valorizzato la struttura del locale Consorzio agroalimentare cittadino. Poiché tale struttura dispone infatti di un'ampissima estensione superficiale dei tetti, si è potuto installare in loco un impianto di dimensioni ragguardevoli, con oltre 25.000 pannelli solari e 700 metri quadri di superficie impegnata. Di seguito una foto:



Figura 56, fotografia dell'impianto fotovoltaico al di sopra della struttura ospitante il mercato agricolo di Bologna. Fonte: <http://www.paes.bo.it/news-2/> (sito dedicato all'attuazione del PAES di Bologna)

La pagina del progetto sul sito di implementazione del PAES fornisce una serie di dati interessanti: il progetto ha richiesto oltre 15 milioni di € di investimento; è stato realizzato solamente in un mese e mezzo, è stata installata una potenza di 6 MW di picco, con una produzione annuale stimata 6.600 MWh all'anno. Si stima che tale generazione di corrente consentirà di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> di 3.500 tonnellate all'anno. L'elettricità prodotta è in parte autoconsumata dallo stabile, in parte rivenduta in rete, generando così un effetto positivo e un ritorno economico tangibile per il comune. Per il futuro è allo studio la possibilità di sfruttare parte dell'energia elettrica in eccesso per ricaricare veicoli elettrici. Con i valori forniti, è possibile stimare un rapporto costi-benefici annuale pari a 4.286 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Facendo riferimento allo stesso valore di vita utile dell'impianto fotovoltaico, si ottiene un rapporto costi-benefici totale pari a 214,3 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta. È opportuno sottolineare come tale progetto abbia potuto beneficiare della peculiarità della struttura, con dei tetti molto ampi e facilmente riadattabili all'installazione di impianti fotovoltaici. Ciò non toglie comunque come un'idea del genere sia meritevole di apprezzamento, in quanto consente di riqualificare l'esistente senza sostenere spese eccessive per la creazione ex-novo di un campo fotovoltaico. L'installazione di pannelli fotovoltaici sugli edifici è una misura di riduzione della domanda dell'edificio sulla rete elettrica; e spesso tali impianti vengono integrati assieme ad una serie di altre misure volte all'efficienza

<sup>38</sup> Fonte: <http://www.nnzevenheuvelenloop.nl/over-nn-zevenheuvelenloop/duurzaamheid> (in olandese)

energetica di un edificio, quali la riqualificazione edilizia. Così facendo si possono abbattere notevolmente i costi e l'impatto ambientale di un edificio.

### **6.11 Installazione diretta da parte dell'amministrazione di pannelli solari termici**

Se invece si prendono in esame gli interventi diretti di installazione di impianti solari termici su edifici pubblici, si può andare a studiare un caso diretto relativo alla città di Cadice, in Spagna. In tal caso, l'amministrazione cittadina è andata a finanziare direttamente l'installazione di un impianto solare termico per una piscina, che si intuisce facilmente ha una grande domanda di calore pressoché costante. Il documento relativo al progetto, definisce un costo complessivo di tutte le opere pari a 216.337 €, comprensivo di: installazione di 100 m<sup>2</sup> di collettori solari e delle opere accessorie necessarie. Si stima inoltre, grazie a tale iniziativa, un risparmio economico netto nei consumi per il riscaldamento pari a 21.145 €/anno, da cui è facilmente possibile ricavare un tempo di ritorno dell'investimento pari a 10,23 anni. Il tempo di ritorno è calcolato con una stima molto semplice, ipotizzando un prezzo costante dell'energia. Se tale prezzo salisse col tempo (com'è prevedibile), tale valore calerà di conseguenza.

In aggiunta, è stimata una riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 132,18 tonCO<sub>2</sub>/anno, con un risparmio energetico di 293,73 MWh/anno. Da qui si può ricavare un rapporto costi-benefici pari a 1.637 € anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta<sup>39</sup>. Allargando il discorso all'iniziativa in generale, dal PAES cittadino si può comprendere come il comune di tale città abbia investito e pianifichi di investire pesantemente nel settore. Sono stimati infatti interventi su una serie di edifici pubblici nonché di case popolari; fornendo un budget complessivo di 4.072.579 €; il grosso (3,6 milioni di €) è stimato per gli interventi sulle case popolari di proprietà comunale. Associato a tali investimenti sul solare termico, si stima una riduzione complessiva delle emissioni di CO<sub>2</sub> di 1.204,42 ton/anno<sup>40</sup>. Tale calcolo così preciso è dovuto all'algoritmo implementato nel programma di compilazione del PAES, che come già discusso in precedenza, consente di avere un riscontro effettivo delle possibili riduzioni nota l'energia che si intende risparmiare all'anno. Con questi dati ottenuti si può ottenere una stima complessiva di rapporto costi benefici annuale pari a 3.382 € anno/tonCO<sub>2</sub>. Riferendosi anche in questo caso ad una vita utile d'impianto di 20 anni, si ottiene un risultato di rapporto costi-benefici pari a 169,1 €/tonCO<sub>2</sub>. Questi dati sono da ritenere affidabili, in quanto molti progetti (soprattutto di piccola e media entità), risultano già conclusi su tale documento. Non bisogna inoltre trascurare come esso sia un documento ufficiale, perciò ci si può fare affidamento per l'analisi. Va specificato comunque che tale città investa molto in tale settore data la sua posizione geografica. Cadice infatti è una delle città più a sud della Spagna, e dispone perciò di un notevole numero di giorni di sole, nonché di un'elevata irradianza. Risulta conveniente quindi sfruttare tale potenziale per la generazione di calore e di elettricità tramite impianti alimentati a energia solare.

---

<sup>39</sup> Fonte dei dati: [http://mycovenant.eumayors.eu/docs/benchmarks/docs/255213\\_1476960627.pdf](http://mycovenant.eumayors.eu/docs/benchmarks/docs/255213_1476960627.pdf) (in spagnolo)

<sup>40</sup> Fonte: PAES città di Cadice, pag. 7-8 (in spagnolo)

## 6.12 Conclusioni

Anche in questo caso, per chiarezza espositiva, è utile raggruppare i risultati delle iniziative esaminate in una tabella di sintesi, che offra una panoramica rapida sulle azioni intraprese e gli effetti ottenuti.

Di seguito la tabella:

Iniziativa	Città	Costi [milioni di €]	Effetti [tonCO2/anno]	Rapporto costi-benefici [€/tonCO2] (riferito alla stima di vita utile del progetto)	Benefici accessori
Creazione di mappe solari/ di richiesta calore	Londra (UK)		-	-	Strumenti di pubblica utilità per cittadini e imprese
	Lisbona (PT)				
Impianto cogenerativo	Düsseldorf (DE)	500	600.000	20,83	Possibilità di espansione rete e aumento riduzione fino a 1 milione tonCO2/anno
	Riga (LV)	1,85	7.420	12,8	Miglioramento efficienza tramite condensatori a recupero di calore
		0,696	1.580	29,4	Aumento efficienza tramite pompe di calore
Generazione energia da rifiuti urbani	Malaga (ES)	3,52	96.240	3,7	Combustione di biogas metano da rifiuti che altrimenti sarebbe emesso in atmosfera con elevato GWP
	Tampere (FI)	110	86.000	42,6	Incenerimento diretto di rifiuti con recupero calore
Creazione rete di teleriscaldamento	Birmingham (UK)	7,7	12.000	58,4	Rete di teleriscaldamento con cogenerazione distribuita
Costruzione campo eolico	Nijmegen (NL)	20	11.963	67	Sensibilizzazione e coinvolgimento della popolazione locale tramite azionariato popolare
Costruzione impianto idroelettrico	Brema (DE)	36,5	15.000	75,3	Tutela ecosistema locale

Iniziativa	Città	Costi [milioni di €]	Effetti [tonCO2/anno]	Rapporto costi-benefici [€/tonCO2] (riferito alla stima di vita utile del progetto)	Benefici accessori
Installazione pannelli fotovoltaici	Bologna (IT)	15	3.500	214,3	Sfruttamento ampie superfici di copertura
Installazione pannelli solari termici	Cadice (ES)	4,07	1.204	169,1	Installazione diretta di pannelli solari termici su edifici pubblici

Osservando la tabella appena riportata si possono trarre alcune interessanti conclusioni.

Innanzitutto come le iniziative di costruzione e/o miglioramento degli impianti di generazione di energia abbiano elevati costi d'investimento (com'è facilmente prevedibile), ma altrettanti ottimi risultati in termini di riduzione di emissioni di gas serra. I rapporti di costo-beneficio sono infatti tutti molto bassi, quasi tutti inferiori ai 100 € investiti per tonnellata di CO2 ridotta. Gli ottimi risultati vanno visti sotto l'ottica di che tipo di efficientamento si è andato a implementare: nel caso tedesco si è sostituito un vecchio impianto a carbone, e in quanto tale molto inquinante, con un impianto alimentato a gas naturale di tipo cogenerativo. Di conseguenza, dato l'aumento di efficienza grazie al nuovo ciclo e la riduzione di emissioni dovuta alla nuova fonte di energia si è potuto raggiungere un risultato notevole in termini di emissioni evitate, con possibilità di incrementare ulteriormente tale valore nel futuro. Nel caso lettone invece si è provveduto all'efficientamento e all'ammodernamento di vecchi impianti di natura sovietica, in cui si è potuto sfruttare un vasto potenziale di riduzione ad un prezzo relativamente basso. La cogenerazione risulta dunque la strada più vantaggiosa per avere degli ottimi risultati in termini di riduzione di emissioni di gas serra.

Se invece si osservano le iniziative di raccolta e smaltimento rifiuti, è interessante prendere ad esempio il caso spagnolo. Tale iniziativa infatti evita l'immissione in atmosfera di notevoli quantità di gas metano, che ha un potenziale di riscaldamento globale pari a circa 21 volte quello della CO2. Di conseguenza, si possono ottenere delle grandi riduzioni di emissioni con impianti relativamente piccoli (quello spagnolo ha soli 3 MW di potenza installata); e perciò ottenere dei bassissimi rapporti costi-benefici. Va comunque tenuto presente di come la riduzione così elevata è legata all'artificio di considerare come emissioni di gas serra anche quelle dovute al gas metano, il rapporto costi-benefici risulterebbe molto più elevato se si utilizzasse solo l'energia prodotta da tali impianti per i calcoli.

Nel caso finlandese invece si è sfruttato un concetto più tradizionale, e perciò avente minor potenziale. L'incenerimento diretto dei rifiuti solidi urbani è una strada utile per il recupero energetico dei rifiuti, ma di fatto è lo sfruttamento di un ciclo Rankine alimentato con una fonte non-convenzionale. Inoltre, l'impianto in sé necessita di un pesante investimento iniziale, anche se poi in futuro consente di risolvere una serie di problemi legati alla gestione e smaltimento dei rifiuti (riduzione volumi, ecc.). Tali impianti, sostituendosi a quelli a fonti fossili, consentono comunque di ottenere un deciso miglioramento in termini di emissioni di gas serra; e nel caso di combustione di rifiuti, si riducono notevolmente anche le riduzioni di gas inquinanti (NOx, SOx, particolato, ecc.). La gestione ottimale dei rifiuti urbani inoltre porta anche degli innegabili benefici di salute pubblica.

Molto efficace è anche la creazione di una rete di teleriscaldamento, che consente di abbattere in modo rilevante le emissioni cittadine se il calore è generato da una fonte a basse emissioni o rinnovabile. Nel caso preso in esame si è avuto un ottimo rapporto costi-benefici, grazie anche allo sfruttamento del concetto di generazione di energia in punti strategici della città. Risultano invece leggermente meno convenienti le tecnologie che fanno affidamento esclusivamente alle fonti rinnovabili. Nel caso della costruzione di un

campo eolico si ha un rapporto costi benefici (stimato) più elevato che nei precedenti; ed è necessario inoltre tener conto della stagionalità e irregolarità del vento. Se per un qualunque motivo l'impianto producesse meno del previsto, tale valore salirebbe in fretta. I costi di installazione inoltre di tali impianti sono ancora molto elevati e perciò l'energia di quel tipo deve essere incentivata per essere competitiva. Nel caso dell'idroelettrico si ha un impianto con costi elevati, ma che è in grado di garantire una costante generazione di energia con elevata flessibilità. Per tale motivo è molto interessante; in quanto con tale impianto si può regolare la rete da fluttuazioni di energia dovute a generazioni da fonti non programmabili (quali il fotovoltaico), oltre ad ottenere una buona riduzione di CO<sub>2</sub>. Lo sfruttamento dell'energia solare risulta invece la tecnologia più dispendiosa. I bassi rendimenti infatti portano ad ottenere una riduzione piuttosto bassa di CO<sub>2</sub> se si raffronta tale valore con la spesa sostenuta. In generale quindi risulta più efficace investire ancora nella grossa generazione e nella gestione dei rifiuti, in quanto grazie ad esse si possono avere le più grosse riduzioni di emissioni di gas serra e ottenere i migliori rapporti costi-benefici. Le tecnologie che invece prevedono generazione di energia basandosi esclusivamente su fonti rinnovabili non programmabili risultano ancora avere costi elevati.

Molto importanti sono infine le creazioni di mappe interattive per la cittadinanza, che pur non fornendo una riduzione diretta di emissioni, sono fondamentali nell'informare con chiarezza la cittadinanza delle risorse a propria disposizione, ed indirizzarli verso la tecnologia più adeguata fornendo nel contempo un servizio di pubblica utilità. Strumenti di questo tipo sono ormai implementati in moltissime amministrazioni europee, vista la loro utilità per l'intera popolazione.

## Cap. 7: Iniziative riguardanti i trasporti

### 7.1 Introduzione

È ormai universalmente accettato come, ai fini di rendere più sostenibili gli spostamenti all'interno di una città, tutte le reti di trasporto pubblico debbano trasformarsi in modo graduale ma sostanziale. Infatti, è chiaro come sia necessario anche un cambio di filosofia riguardante il modo stesso di spostarsi. Nelle grandi città infatti, la visione comune è quella di ridurre sempre più il trasporto privato su gomma (le auto), in quanto estremamente inquinante; ciò a vantaggio di una sempre maggiore implementazione di mezzi pubblici e di iniziative di tipo "sharing economy". Infatti, sono sempre più diffuse le iniziative di bike e car sharing, per incentivare i cittadini a non usare la propria macchina per gli spostamenti urbani, ma ad affidarsi a mezzi più puliti. È chiaro come tali iniziative abbiano una serie di costi e richiedano delle infrastrutture notevoli. Nell'ambito più specifico dei trasporti pubblici, le amministrazioni locali stanno spingendo sempre più per avere mezzi di tipo ibrido, a gas naturale o elettrico, e perciò meno inquinanti. Si sta inoltre puntando molto sulla mobilità elettrica in generale a scapito di quella a combustione, soprattutto per quanto riguarda le auto private. Molte città infatti danno agevolazioni fiscali/logistiche ai possessori di auto elettriche, per incentivarne il mercato e la diffusione. Per fare il calcolo delle riduzioni totali di CO<sub>2</sub> ottenute grazie alle varie iniziative che si prenderanno in esame, è opportuno in questo caso riferirsi per tutte al 2020 come anno limite. Il motivo di tale scelta è semplice: non sempre infatti si può stimare una "vita tecnica" di alcune iniziative, ad esempio il controllo del traffico o l'espansione di una rete di servizi. Può essere più utile capire che risultati esse daranno al 2020, anno di obbiettivo del patto dei sindaci.

### 7.2 Tasse sul traffico

Uno dei metodi più usati per ridurre il traffico nelle città è quello di introdurre una "tassa di transito" o ticket per il passaggio delle macchine in alcune zone cittadine. L'idea di fondo è quello di introdurre una tariffa sulle esternalità dovute all'inquinamento delle macchine nei centri cittadini; è opinione diffusa infatti che il traffico su gomma sia sotto-tariffato rispetto alle altre modalità di trasporto.

La prima e significativa iniziativa in questa direzione è stata intrapresa dalla città di Stoccolma, in Svezia. L'amministrazione comunale infatti ha introdotto, prima in prova per 6 mesi nel 2006 e poi permanentemente nell'agosto 2007, una tassa di passaggio per l'ingresso nel centro storico della città; la tassa non è fissa ma varia a seconda dell'ora in cui si entra/esce dal centro. Funziona in modo abbastanza simile ai parcheggi a pagamento in Italia: la tassa è più elevata negli orari di punta del traffico lavorativo (7:30-8:30 e 16:00-17:30) e cala progressivamente negli altri orari. Il transito è gratuito nei giorni festivi e durante la notte. Sono chiaramente previste delle esenzioni per veicoli di pubblico servizio (mezzi di emergenza, polizia, trasporto disabili, trasporti pubblici, ecc.) e per veicoli che non siano alimentati a combustibili fossili. È interessante notare di conseguenza come non sia prevista alcuna agevolazione per i residenti dell'area, al fine di spingerli a usare mezzi di trasporto alternativo o di cambiare la propria auto con una più eco-sostenibile (elettrica, ibrida, a gas naturale o bio-carburanti). L'amministrazione locale ha deciso, di comune accordo con il governo nazionale, di usare i proventi della tassa sul traffico per finanziare progetti di miglioramento e manutenzione delle strade; e più in generale di usarli nell'ambito dei trasporti.

Anche in questo caso, al momento dell'introduzione delle misure e da lì in poi, si ha avuto un calo generale del traffico; di seguito l'andamento del traffico in grafico:

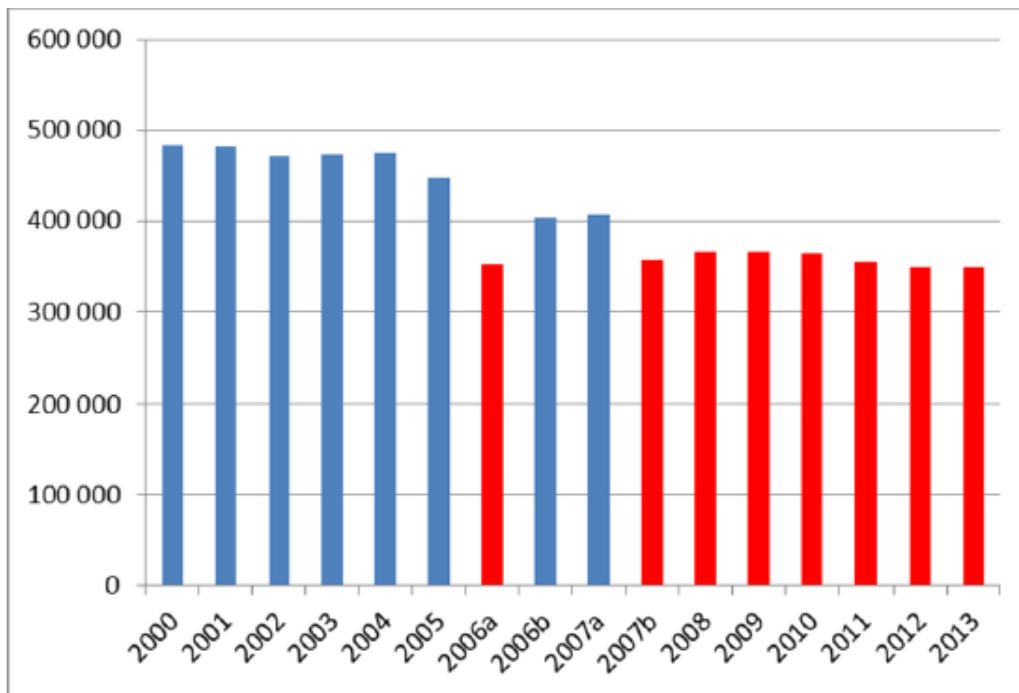


Figura 57, Andamento del traffico all'interno dell'area a pagamento di Stoccolma, 2000-2013. Fonte: *The Stockholm congestion charges: an overview*. Le colonne 2006a e 2006b si riferiscono al periodo di prova della misura (a) e di sospensione della stessa (b)

Si può osservare come in generale il traffico sia calato di circa un 20% medio; con il calo principale nel 2006, anno di introduzione di tale misura. Di questa iniziativa può essere interessante andare a studiare gli effetti sul lungo termine. Si potrebbe argomentare infatti che l'introduzione di un pedaggio sul traffico ha un effetto solo sul breve periodo, ma che poi nel lungo la comunità si "abituava" a tali misure e perciò il traffico ritorna ai suoi livelli precedenti. In realtà, una misura di questo tipo induce comunque parte dei cittadini ad un cambio di abitudini. È stato osservato infatti che nel periodo di sospensione di tale misura nel 2006 e nel 2007 (barre blu nel grafico), come il traffico sia ripreso, ma sia comunque rimasto più basso di un 5-10% rispetto a quello pre-misure<sup>41</sup>. Tale calo è spiegabile, al netto dei fattori esterni (trasferimenti, chiusura strade, stagionalità, ecc.) con un cambio delle abitudini da parte della popolazione residente, che si è mossa più con i mezzi pubblici. Sul lungo termine è comunque indubbia una riduzione del traffico circolante in città di circa il 20%, come mostrato nel grafico precedente. Il traffico non esente da pagamento è in realtà diminuito di quasi il 30%, tenendo a mente come il traffico esente non abbia ragione di diminuire. Un'iniziativa di questo tipo ha degli innegabili punti di forza: la riduzione delle emissioni di gas inquinanti e di CO2 del traffico e dunque il miglioramento locale della qualità dell'aria; ma non trascurabile è la riduzione dei tempi di percorrenza delle tratte del trasporto pubblico; il che va a migliorare la percezione presso i cittadini di tale trasporto e porta anche vantaggi economici. Di seguito un grafico che riporta tale variazione:

<sup>41</sup> Fonte: *The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability, lessons learnt*. Il dato viene definito per range per via di una serie di incertezze strutturali e cause esterne.

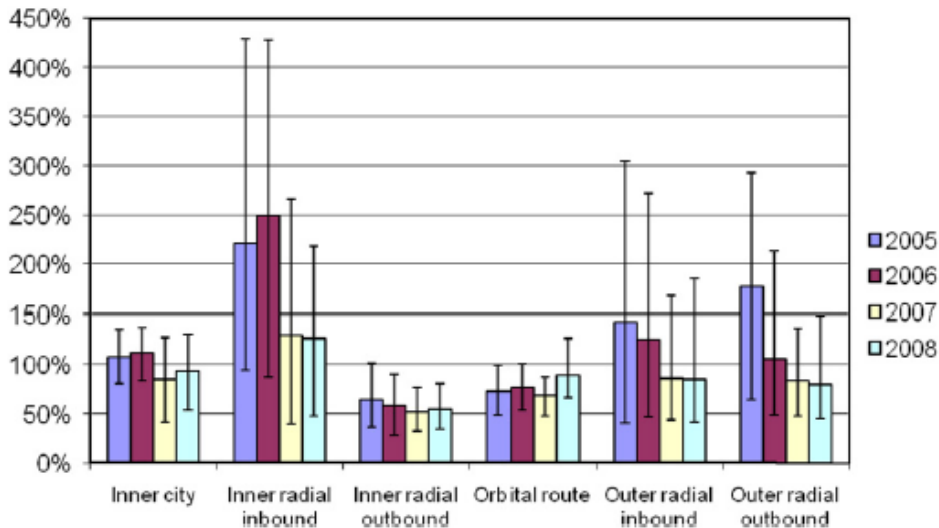


Figura 58, variazione tempi di percorrenza su alcune tratte cittadine dei mezzi pubblici di Stoccolma. Fonte: *The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability, lessons learnt*

In questo grafico è necessario specificare come lo 0% indichi il tempo di percorrenza che si avrebbe se la strada fosse interamente sgombra di veicoli. Si vede come in tre tratte il tempo di percorrenza sia quasi dimezzato in tre anni. Come accennato in precedenza, per tale iniziativa era prevista l'esenzione dal pagamento per tutti i veicoli di tipo "pulito". Con tale definizione si intendono tutti i veicoli che non usino carburanti fossili come fonte di energia; e in aggiunta le macchine a bassissime emissioni (meno di 120 g di CO<sub>2</sub> per km). Tale esenzione ha funzionato come incentivo per i cittadini e per le aziende a comprare macchine di tipo ecologico. L'esenzione per i veicoli ecologici è stata eliminata nel 2012, per spingere la popolazione sempre più verso il trasporto pubblico e ridurre il traffico nell'area interessata. Si può verificare di seguito come siano aumentate le vendite di macchine ecologiche a Stoccolma:

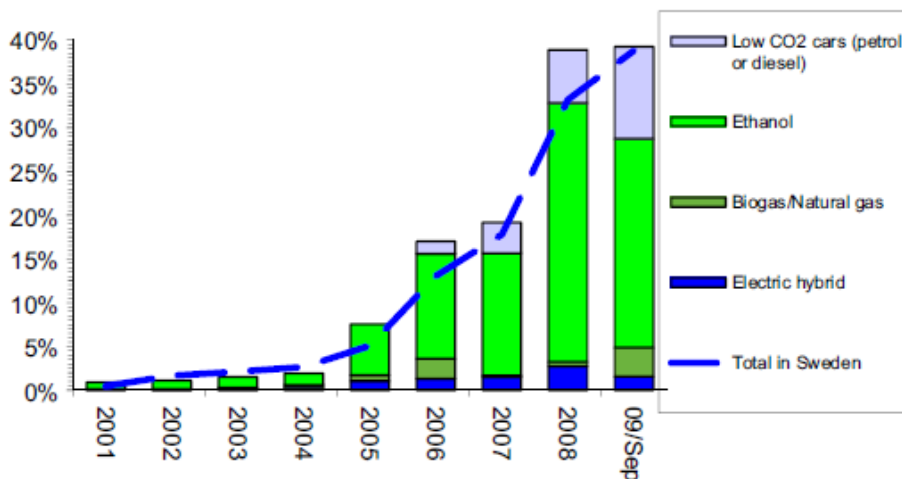


Figura 59, quota di mercato macchine ecologiche. La linea blu mostra la quota per l'intera Svezia, le barre le quote di Stoccolma. Fonte: *The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability, lessons learnt*

Si osserva come negli anni immediatamente successivi all'introduzione della tassa sul traffico a Stoccolma le auto di tipo "pulito" abbiano avuto una quota di vendite maggiore rispetto a quella nazionale. Inoltre, due differenti studi dell'Autorità per la Salute e l'Ambiente cittadini hanno verificato come, fra le varie misure d'incentivazione previste anche a livello nazionale, l'esenzione dal pagamento del ticket fosse quella che avesse maggior impatto<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> Fonte: *The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability, lessons learnt*, pag. 7.



Questa iniziativa ha avuto un costo complessivo stimato in circa 200 milioni di €. Tali costi sono dovuti alle spese di installazione e di operazione del sistema, nonché del personale impiegato. In aggiunta a tali costi, bisogna tener conto dei costi di gestione annuali, stimati in circa 23 milioni di €/anno. I ricavi annuali derivanti da tale sistema sono invece di circa 88,61 milioni di €/anno (dati al 2013). Con una semplice formula è possibile ricavare il tempo di ritorno dell'investimento:

$$\text{Tempo di ritorno: } \frac{\text{Spesa complessiva}}{\text{ricavi} - \text{spesa annuale}} = \frac{200 \cdot 10^6}{(88,61 - 23) \cdot 10^6} = 3,04 \text{ anni}$$

L'investimento dunque è ripagato in un tempo poco superiore a 3 anni. In realtà il valore è leggermente più elevato, poiché solo recentemente sono state eliminate alcune esenzioni di pagamento, quale quella relativa ai veicoli ecologici. Ciò ha permesso di incrementare i ricavi derivanti da tali macchine.

Infine, è stato stimato una riduzione delle emissioni di circa 42.500 tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno<sup>43</sup>, dovuta alla riduzione globale del traffico cittadino. Ciò ci porta a concludere che si ottiene un valore di  $\frac{200.000.000}{42.500} = 4.705$  € investito – anno/tonCO<sub>2</sub> anno ridotta di rapporto costi-benefici. Tale valore può sembrare elevato, ma bisogna tenere conto del fatto che tale sistema genera comunque guadagni per la municipalità e del basso tempo di ammortizzazione dello stesso. Inoltre, la riduzione è costante nel tempo, indi per cui se si estende nel tempo tale parametro si ha che gli € investiti per tonCO<sub>2</sub> ridotta calano notevolmente. Con riferimento al 2020, ossia a 13 anni dal lancio dell'iniziativa, supponendo costante la riduzione di emissioni per semplicità, si ottiene infatti un rapporto pari a 362 €/tonCO<sub>2</sub> ridotta.

In aggiunta a tale riduzione, bisogna tener presente che l'effetto positivo delle esenzioni introdotte è stato quello di aumentare la vendita di veicoli ecologici, che hanno emissioni molto più ridotte se non nulle rispetto ai loro omologhi a propulsione tradizionale. Si può affermare perciò che la stima della riduzione sia fatta per difetto, mentre il rapporto costi-benefici è calcolato per eccesso.

Inoltre, tali iniziative possono instaurare un circolo virtuoso: i proventi derivanti da essa infatti possono andare a finanziare ulteriori progetti di miglioramento della rete dei trasporti, di ammodernamento dei mezzi, aumento delle corse ecc. che porteranno di conseguenza un ulteriore calo di emissioni di gas serra.

La criticità maggiore delle iniziative di ticket sul traffico risiede nell'accettabilità sociale e politica di queste misure. Bloccare il traffico e imporre tasse di passaggio è spesso visto come imposizione dalla società, e percepito come dannoso a livello politico (a fini elettorali, imporre tasse comporta di solito perdita di voti). Vi è il timore inoltre che una chiusura al traffico di alcune zone possa comportare una riduzione di clientela in centri commerciali, negozi, ecc. In realtà, vi sono numerosi studi sull'argomento (Rudholm & Rämme, 2009) e nessuno di questi ha trovato alcuna diminuzione sensibile di frequenza delle attività commerciali legata alla tassa sul traffico. Lo stesso risultato è stato dato da dei sondaggi svolti durante i sei mesi di prova dell'iniziativa.

Un'altra obiezione che viene sollevata contro queste misure è che limitare il traffico in una zona potrebbe creare intasamenti in altre parti della città. È stato provato comunque, dallo studio prima citato, come il traffico nelle zone non a pagamento di Stoccolma non sia variato sensibilmente dall'introduzione della tassa sul traffico. Sorprendentemente inoltre, a 5 anni dall'introduzione di tale misura, l'accettazione pubblica è aumentata notevolmente, tant'è che ora raggiunge oltre il 70% della popolazione. Di seguito la crescita del consenso nel tempo:

---

<sup>43</sup> Fonte: A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system. Tutti i dati sono ricavati da lì; i costi sono forniti in Corone Svedesi (SEK), convertiti col cambio attuale di 1 € = 9,58 SEK.

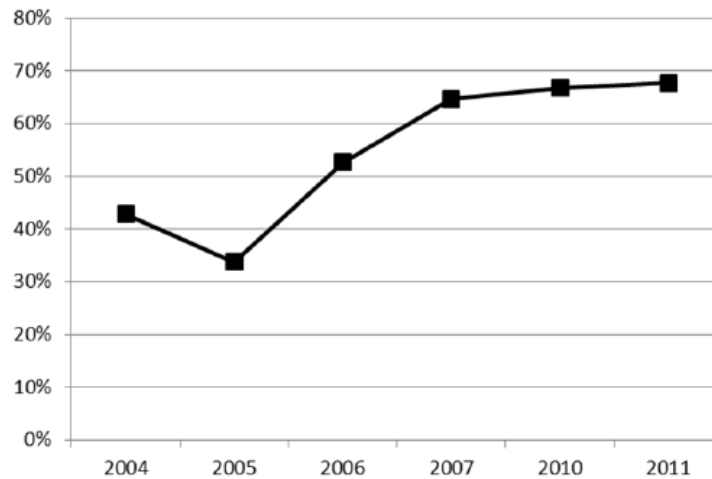


Figura 60, Andamento del consenso alle misure di tariffa sul traffico a Stoccolma.  
Fonte: The Stockholm congestion charges: an overview

Visto il grosso consenso ottenuto negli anni, tale misura non è più in discussione nemmeno a livello politico. Si può concludere quindi che le criticità di questa iniziativa siano presenti solo sul breve termine, mentre sul lungo termine gli effetti positivi prevalgono e generano ricchezza per la città e miglioramenti della qualità della vita per i cittadini.

Gli innegabili successi di questa iniziativa ha fatto sì che venisse replicata in varie parti del mondo, come ad esempio nella città di Milano. L'amministrazione locale ha infatti imposto il pagamento di una tassa per il transito nella cosiddetta "Area C". Con la semplice istituzione di questo ticket (e di un sistema di sorveglianza chiaramente) Milano ha visto ridursi del 30% il traffico all'interno di tale area. Di tale traffico inoltre si stima che solo il 3% è dovuto agli spostamenti dei residenti in quella zona, che hanno quindi preferito muoversi usando i trasporti pubblici. Di seguito l'evoluzione del traffico nella zona negli ultimi 5 anni:

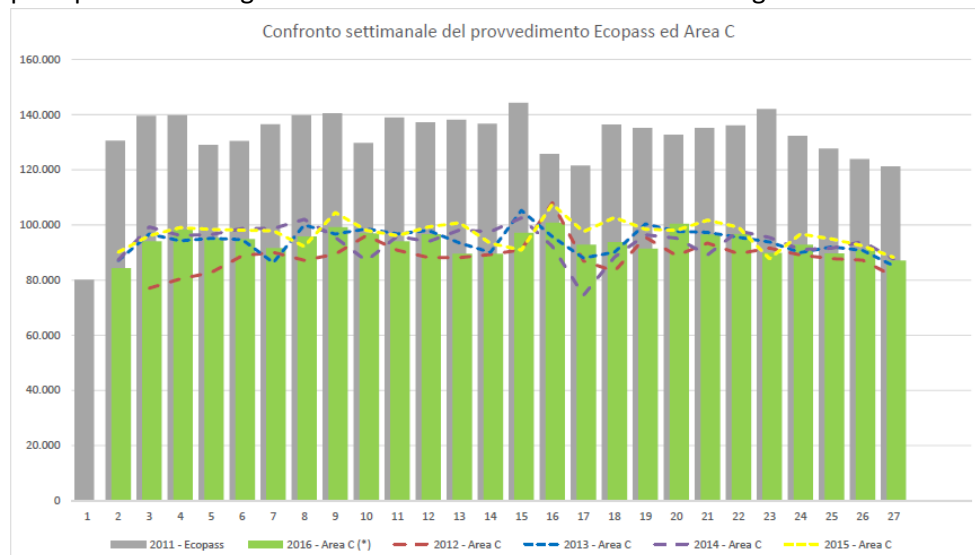


Figura 61, Ingressi settimanali Area C Milano, 2011-2016. Fonte: Sintesi risultati al 30 Giugno 2016, presso l'URL [http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/mobilita/area\\_c/resultati\\_attesi](http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/mobilita/area_c/resultati_attesi)

È evidente perciò come tale iniziativa abbia contribuito a ridurre notevolmente le emissioni di CO2 e altri inquinanti dovuti al traffico in quell'area. Oltre infatti alle riduzioni di emissioni inquinanti dalle macchine, si è avuto un calo delle emissioni di CO2 dovute al traffico stradale del 37% (dato del 2015)<sup>44</sup>, a conferma della bontà dell'iniziativa, sia per la salute pubblica che per la riduzione di inquinanti. Inoltre, la città di Milano

<sup>44</sup> Fonte: Emissioni atmosferiche da traffico in Area C; presso l'URL [http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/mobilita/area\\_c/resultati\\_attesi](http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/mobilita/area_c/resultati_attesi)

incassa annualmente circa 30 milioni di € dai ticket di accesso, a fronte di una spesa annua di 6 milioni di € per la gestione del servizio. In aggiunta, i costi stimati per la costruzione delle infrastrutture necessarie sono stimati in 3 milioni di €. Quanto appena visto va a conferma degli effetti benefici che si possono ottenere da tale tipo di progetti, pur dovendo superare delle indubbe difficoltà di tipo politico e sociale per far sì che tali misure possano effettivamente venire implementate.

### **7.3 Incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico: gratuità del trasporto pubblico**

Ridurre il traffico delle automobili nei centri cittadini appare dunque come prioritario per ridurre le emissioni di gas serra. Imporre una tassa sul traffico è molto efficace, come appena esaminato, ma indubbiamente è socialmente di difficile accettabilità. Tale misura richiede inoltre un compatto e costante sostegno politico, cosa non scontata da ottenere, soprattutto in Italia. Può essere quindi utile andare ad esaminare altre misure meno drastiche per incentivare la cittadinanza a muoversi tramite i mezzi pubblici. L'iniziativa più significativa che si è potuto trovare in materia è senza dubbio quella di Tallinn, capitale dell'Estonia. In tale città infatti i trasporti pubblici sono gratuiti per tutti i residenti nel comune; sono inoltre gratuiti per tutti i cittadini estoni over 65 che siano residenti nella nazione. L'unica tariffa da pagare è una tessera annuale dal costo di 2€ all'anno. Tale agevolazione tariffaria è unica in Europa, e consente di studiarne gli effetti su una città di medie-grandi dimensioni (Tallinn ha 426.538 abitanti<sup>45</sup>, valore non elevato per una capitale, ma comunque rilevante). È significativo come sia sempre necessario agire sul prezzo per incentivare l'utilizzo dei mezzi pubblici. Un sondaggio condotto dalla Commissione Europea infatti ha riscontrato che le due misure preferite dagli utenti per incentivare l'utilizzo dei trasporti pubblici siano: riduzione dei prezzi e miglioramento dei servizi<sup>46</sup>. Per poter usufruire del trasporto pubblico gratuito è necessario iscriversi al registro dei residenti della città. Tale misura è stata presa per stimolare la popolazione a registrarsi come residente e quindi aumentare gli introiti fiscali per il comune. Come in Italia, le tasse sono pagate presso la municipalità di residenza e non presso quella di domicilio. Ciò implica che molte persone non spostino la loro residenza anagrafica e continuino a pagare le tasse nel comune d'origine (ad esempio gli studenti). Un'indiscutibile successo dell'iniziativa estone è stato quello di ottenere che oltre 12.000 residenti "ufficiosi" di Tallinn spostassero la loro residenza nella capitale, in modo quindi da aumentare i contribuenti a disposizione. Si stima che ogni nuovo residente porti in media circa 1.000 € di tasse all'anno per il comune; perciò ogni 1.000 nuovi residenti si ha un milione di € di entrate fiscali per l'amministrazione.

L'iniziativa è stata introdotta nel 1 gennaio 2013; precedentemente erano stati introdotti una serie di agevolazioni per delle categorie di utenti del trasporto pubblico in modo tale da rendere il passaggio verso la gratuità totale più graduale. Si può vedere come siano variate le abitudini di spostamento della cittadinanza in un anno a seguito dell'introduzione di tale incentivo:

---

<sup>45</sup> Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tallinn>

<sup>46</sup> Fonte: The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn, pag. 2

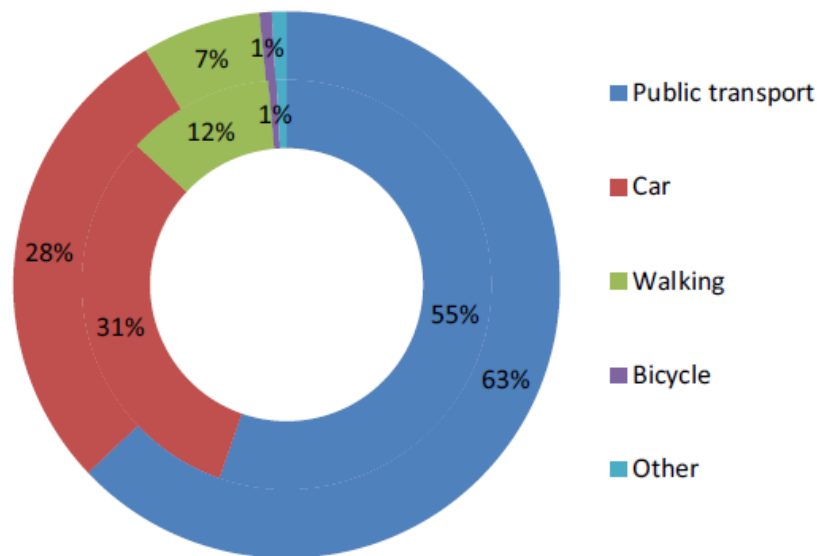


Figura 62, Variazione delle modalità di spostamento urbano della città di Tallinn, anni 2012 (anello interno) e 2013 (anello esterno). Sondaggio svolto su 1500 persone.

Fonte: *The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn*; pag.13

È interessante notare come vi sia stato un aumento dell'utilizzo del trasporto pubblico a spese della macchina, ma come sia anche calata notevolmente la quota degli spostamenti effettuati a piedi. Tale dato è spiegabile se si pensa che, avendo i mezzi pubblici gratuiti, l'utente medio sarà più portato a fare tragitti brevi usando tale servizio. Invece, se tale servizio fosse a pagamento, si sarebbe più incentivati a percorrere brevi distanze a piedi. Resta comunque innegabile la riduzione del numero delle macchine transitanti nel centro a seguito dell'iniziativa, anche se non si parla di un risultato eclatante.

Il costo complessivo stimato dell'iniziativa è di circa 15 milioni di €. Di questi, 12 milioni di € sono dovuti ai mancati introiti dai biglietti, e i restanti sono serviti per aumentare le corse e l'infrastruttura della rete dei trasporti. Le stime sulla riduzione di CO<sub>2</sub> sono diverse e discordanti fra di loro: le stime iniziali parlano di una possibile riduzione fino a 45.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>/anno (dato di stima preventiva fornito dall'assessore ai trasporti cittadino, e probabilmente troppo ottimistico); la pagina dedicata all'iniziativa nella sezione "benchmark of excellence" del patto dei sindaci indica invece una più realistica riduzione di 5.340 tonCO<sub>2</sub>/anno. Si ottiene quindi un rapporto costi benefici di 2.808 €/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Va tenuto conto che il costo dell'iniziativa viene in parte bilanciato dall'aumento dei residenti della capitale, che porta extra-profitti per le casse municipali. Il rapporto costi-benefici è comunque ottimo, e rende l'iniziativa interessante dal punto di vista ambientale. Si può stimare, con riferimento al 2020, e quindi in 7 anni di iniziativa, un rapporto costi-benefici complessivo pari a 401€/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Tale valore si ricava ipotizzando costante, per semplicità, la riduzione annuale stimata di CO<sub>2</sub>; e dà inoltre per scontato che l'iniziativa venga mantenuta fino al 2020. In aggiunta alla riduzione di gas serra è da considerare anche le riduzioni delle emissioni di altri inquinanti e il calo dell'inquinamento acustico, ambedue legate al calo del traffico nel centro cittadino.

La criticità maggiore di questa iniziativa sta chiaramente nell'accettabilità politica. Mentre è facile immaginare come non vi siano problemi dal punto di vista sociale, è invece richiesta una notevole pianificazione e un'ottima abilità amministrativa per poter rendere sostenibili i costi di una tale offerta. Nel caso della capitale estone, si è provveduto a coprire tali costi incentivando l'iscrizione al registro dei residenti di una buona parte dei cittadini. Va detto comunque che il trend delle iscrizioni risulta in calo dal primo anno dell'iniziativa, di conseguenza l'aumento di entrate fiscali non può crescere costantemente. A oggi il sistema risulta sostenibile; non sono presenti studi per verificarne la sostenibilità finanziaria sul lungo termine; né sono stati svolti studi per verificare in modo preciso la riduzione delle emissioni di gas serra derivanti dall'iniziativa. Risulta quindi incerto se tale progetto possa essere mantenuto sul lungo periodo.

## 7.4 Incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico: aumento dell'offerta di trasporto pubblico

Un modo differente di incentivare l'utilizzo del trasporto pubblico può essere quello di espandere l'offerta e le aree servite da tale servizio, in modo tale da poter raggiungere più persone e quindi espandere il numero di chi decide di usarlo come mezzo primario di spostamento. Un esempio di continua espansione della rete di trasporti e di servizi può essere offerto dalla città di Londra. Essendo tale città molto grande, è chiaro come buona parte delle emissioni legate ai trasporti derivino da veicoli su strada. Il PAES della città le stima le emissioni del settore trasporti come il 21% del totale; e di tali emissioni oltre il 45% vengono dall'utilizzo di macchine e moto private. In valore assoluto, si stima che il settore dei trasporti emetta circa 9,9 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno (calcolate per il 2006). L'obiettivo è di ridurle a 7,95 Mton per il 2020, circa il 20% rispetto al 2006, traguardo quindi ambizioso.

Di conseguenza, per promuovere l'utilizzo dei mezzi pubblici, è stato deciso di aumentare la frequenza delle corse (sia di autobus che di metro) e di espanderne la rete. Il rapporto del 2013-14<sup>47</sup> sulla variazione del clima per la città di Londra riporta come siano state raddoppiate le corse di alcune linee della metro, e come siano state aumentate le aree servite da trasporti su rotaia. In aggiunta, è stato possibile recuperare parte dell'energia spesa nel settore della metropolitana sfruttando i freni rigenerativi, che recuperano fino al 20% dell'energia elettrica fornita al sistema. In parallelo all'aumento dell'offerta, si è provveduto anche ad un efficientamento dei mezzi utilizzati: tutti gli autobus in servizio cittadino infatti sono di tipo ibrido o a biogas; si è inoltre iniziata la sperimentazione degli autobus elettrici. Assieme all'espansione della rete dei trasporti pubblici, sono state ampliate anche le iniziative di bike sharing. Inoltre, sono state riorganizzate una serie di servizi comunali per ridurre al minimo il loro impatto ambientale. Ad esempio, sono state riviste le consegne ad una serie di uffici, che sono state ridotte al minimo e rese più efficienti. Al momento la municipalità di Londra sta inoltre costruendo una nuova linea ferroviaria che dovrà attraversare l'intera città da est ad ovest. Tali sforzi stanno dando i loro frutti; di seguito un grafico dell'evoluzione della popolazione e dei km percorsi in città:

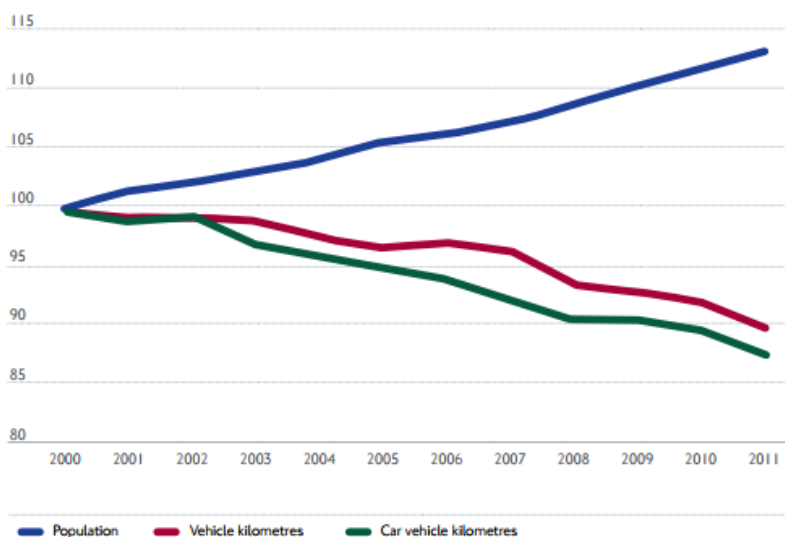


Figura 63, andamento della popolazione e dei km percorsi da veicoli (linea rossa) e in macchina (linea verde) per la città di Londra; si assume l'anno 2000 come pari a 100 per l'indice di riferimento. Fonte: *Improving the health of Londoners – Transport action plan*; presso l'URL <http://content.tfl.gov.uk/improving-the-health-of-londoners-transport-action-plan.pdf>

Si può vedere come siano calati di oltre il 10% i km percorsi in città da tutti i veicoli, e in particolare quelli percorsi dalle macchine. Tale riduzione in termini assoluti è ragguardevole: si stima, grazie anche a queste iniziative, che nel 2013 le emissioni del settore dei trasporti siano state di 8,67 MtonCO<sub>2</sub>, con una riduzione del 12% complessivo. In termini assoluti, si parla di un calo di 1,23 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> conseguito

<sup>47</sup> Non sono disponibili rapporti più recenti

nell'arco di 8 anni. Se si stima una riduzione annua, si ottengono 153.750 tonCO<sub>2</sub>/anno. Va precisato comunque che Londra ha implementato anche una tassa sul traffico sul modello della città di Stoccolma, che ha contribuito a far calare il traffico dei veicoli privati del 20%. La stima dei costi totali di tali misure è molto complessa, vista la difficoltà nel reperire dati precisi. Il report citato infatti non cita mai alcun dato di costi sostenuti o investimenti richiesti per implementare tali misure; il PAES cittadino riporta un investimento annuale di 284 milioni di £ solo per la categoria "veicoli elettrici", ma non fornisce altre stime riguardo all'espansione della rete e delle infrastrutture. Il report annuale dell'ente gestore del servizio, Transport for London, stima che vi siano investimenti complessivi sulla rete dei trasporti per circa 3,26 miliardi di £, 3,6 miliardi di € al cambio attuale in un anno di gestione. Se si utilizza questo valore per fare una stima (prudente) di rapporto costi benefici si ottiene: 23.414 €/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta, usando la stima di tonnellate di CO<sub>2</sub> ridotte annualmente come sopra calcolate. Pur sapendo l'obiettivo prefisso per il 2020 dalla città di Londra per la riduzione dei trasporti, ossia una riduzione complessiva di circa 2 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>, è estremamente complesso poter trovare una stima complessiva dei costi che avrà raggiungere tale obiettivo. Non vi è infatti una spiegazione chiara sul PAES cittadino; si può considerare un'ipotesi ragionevole il supporre che la cifra investita nel miglioramento della rete sia costante attorno ai 3,3 miliardi di sterline riportati nel report annuale dell'ente gestore. Tale valore può sembrare elevato, ma l'autorità di gestione dei trasporti londinesi ha un ricavo di 10,2 miliardi di sterline annui, di cui il 32% viene usato per investimenti di miglioramento ed espansione di tutta la rete di trasporti pubblici<sup>48</sup>. Il documento consultato infatti fornisce delle cifre simili di stima di budget per il 2016/17 e 17/18. Se si mantiene fissa tale cifra nell'arco dei 14 anni, si ottiene un investimento complessivo di 50,4 miliardi di sterline. A fronte di tale ingentissimo investimento, si ipotizza tramite il PAES una riduzione di emissioni pari a circa 2 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici complessivo pari a 25.200 €/tonCO<sub>2</sub>. La gran parte degli investimenti viene assorbita per la costruzione della nuova linea di trasporto ferroviario leggera che attraverserà la capitale inglese da est a ovest. Il valore di rapporto costi benefici è da ritenersi puramente indicativo, date le forti assunzioni che è stato necessario fare per calcolarlo, di conseguenza è preferibile non inserirlo nella tabella conclusiva per le varie misure esaminate.

Un altro esempio di espansione della rete di trasporti pubblici è fornito dalla città di Firenze. L'amministrazione cittadina infatti ha costruito nel 2010 una nuova linea di trasporto pubblico su rotaia (tram) che collega dei quartieri che non erano mai stati raggiunti da tale servizio. Tale linea di tram ha avuto un grande successo in termini di passeggeri trasportati, arrivando alla cifra di oltre 7 milioni di passeggeri in 10 mesi, dato che viene ritenuto oltre ogni più rosea previsione. Il PAES cittadino inoltre stima una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> complessiva di 4.894 tonnellate relativamente al primo anno di esercizio; dato ottenuto noti i passeggeri sottratti al traffico automobilistico e usando poi dei valori medi forniti dalla motorizzazione per il tipo di automobile circolante. L'investimento per la creazione della linea e delle necessarie infrastrutture è stato di 262 milioni di €. Si ha un rapporto costi-benefici di 53.534 €/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta. Tale valore è riferito solo al primo anno di esercizio. Il risultato comunque è interessante, perché si è potuto fornire un servizio alla comunità e inoltre l'amministrazione ha un ritorno economico da esso. Visti i buoni risultati ottenuti in termini di passeggeri, il comune ha in programma di espandere ulteriormente tale rete infrastrutturale con altre due linee; la riduzione di emissioni di gas serra stimata per tale iniziativa è di 26.102 tonnellate di CO<sub>2</sub>/anno, a fronte di un investimento di circa 444 milioni di €.

Un'iniziativa analoga è fornita dalla città di Venezia. Essa infatti ha installato nel 2010 una linea di collegamento via tram fra la città lagunare e la zona di Mestre, in sostituzione del precedente collegamento tramite autobus. Ciò ha consentito di avere un doppio effetto positivo: eliminare gli autobus per la percorrenza di tale linea; migliorare i tempi di percorrenza e ridurre il traffico veicolare. Sono stimati, grazie all'effetto di tale iniziativa, una riduzione complessiva delle emissioni di gas serra pari a 17.023 tonCO<sub>2</sub>/anno. Si è stimato, per la linea attualmente in servizio, come il 24% del totale dei passeggeri che la utilizzino siano

---

<sup>48</sup> Fonte: Budget plan 2017/18 Transport for London, reperibile al link <http://content.tfl.gov.uk/transport-for-london-budget-2017-18.pdf>

stati trasferiti dall'auto privata; ossia abbiano deciso di prendere il tram al posto dell'auto<sup>49</sup>. I costi complessivi del progetto sono stimati in 245 milioni di €, di cui 181 già spesi per la costruzione della prima linea di collegamento con il comune di Mestre. Di conseguenza, si può calcolare un rapporto costi/benefici annuale di 14.393€ anno/tonCO2 ridotta. Si vede come tale valore sia minore rispetto al caso di Firenze; ciò è dovuto al fatto che ci si aspetta di conseguire una maggiore riduzione di emissioni tramite il trasporto pubblico e la sostituzione degli autobus con i tram. Si possono calcolare tali rapporti con riferimento all'anno 2020. Si ottiene, nel caso fiorentino, un rapporto totale costi-benefici pari a 5.353 € investiti/tonCO2; nel caso veneziano si ottiene un rapporto complessivo pari a 1.439 € investiti/tonCO2.

È chiaro come la principale criticità di tale iniziativa sia la costante necessità di finanziamenti, e dunque di avere un sostegno politico costante e solido per poter procedere senza dover poi aumentare eccessivamente le tariffe a danni dei viaggiatori o incorrere in tagli di budget. Inoltre, è richiesta un'attenta pianificazione ed organizzazione dell'intera rete di trasporti, per essere sicuri che vi sia la giusta offerta per ogni luogo della città. È indiscutibile come aumentare l'offerta pubblica di servizi di trasporto porti comunque dei benefici per la cittadinanza, dia un ritorno d'immagine per la città e inoltre contribuisca a creare posti di lavoro e a ridurre il traffico cittadino; infine crea delle rendite non indifferenti per le casse comunali.

## 7.5 Mobilità elettrica nel trasporto pubblico

Come menzionato prima, si può instaurare un circolo virtuoso per far sì che la rete di trasporti sia sempre più composta da veicoli ecologici. L'incentivazione all'utilizzo di veicoli che siano eco-sostenibili infatti è un altro punto che viene molto usato dalle città aderenti al patto dei sindaci. L'incentivo alla mobilità sostenibile può essere o diretto ai privati, quindi con una serie di agevolazioni ai possessori di veicoli di questo tipo; si cita quanto detto prima per la città di Stoccolma, in cui fino al 2012 era presente l'esenzione dal pagamento del ticket per l'ingresso nelle aree limitate per tali veicoli. Oppure, un altro modo di spingere la mobilità elettrica è quella di introdurla tramite i mezzi pubblici. Un esempio in materia è quello della città di Nottingham, nel Regno Unito. Tale città infatti ha deciso, nel 2012, di convertire la sua intera flotta di autobus da combustibile tradizionale a sola trazione elettrica. Si stima di completare interamente tale ricambio in circa 6 anni, quindi per il 2018. Per fare tale ricambio sono stati stanziati poco più di 16,6 milioni di €<sup>50</sup>, di cui parte provenienti da un fondo apposito per il rinnovo del parco veicoli pubblici con mezzi sostenibili. Nel 2016 risultavano essere in dotazione alla città 58 autobus a trazione elettrica, che hanno raggiunto (e superato) il traguardo del milione di km complessivo. A oggi inoltre tale flotta risulta essere la più grande in Europa tra quelle elettriche. Sono stimati, grazie a tale iniziativa, un risparmio di emissioni di circa 210 tonnellate di CO2 all'anno; un risparmio economico sui carburanti di circa 338.000 €/anno; in aggiunta si hanno dei costi di manutenzione del 40% inferiori, e un risparmio sull'imposta di bollo dei veicoli. In molte nazioni uno degli incentivi alla mobilità elettrica è infatti l'esenzione dall'imposta di bollo per una durata fissa di anni (i primi 3 anni in Italia). Di conseguenza, si può stimare un rapporto costi-benefici annuale pari a  $\frac{16.600.000}{210} = 79.048 \frac{\text{€-anno}}{\text{tonCO2 ridotta}}$ . Si ha un valore decisamente elevato di spesa; bisogna però tener conto come questo parametro rappresenti un singolo anno di riduzione delle emissioni, e come allargando l'orizzonte temporale si possa abbattere notevolmente tale rapporto. Se infatti si fa tale calcolo riferendosi ai 5 anni da cui i primi mezzi sono stati messi in circolazione, si ottiene un valore pari a 15.810 €/tonCO2 ridotta. Se si utilizza il riferimento al 2020 per calcolare la riduzione delle emissioni di CO2 dovute a tale iniziativa si ricava (anno di lancio del progetto il 2012, dunque 8 anni complessivi) si ricava un rapporto costi-benefici pari a 9.881 €/tonCO2 ridotta. In aggiunta, è necessario anche non trascurare i risparmi extra indotti da tale scelta; che contribuiscono a far rientrare dall'investimento prima del tempo. Grazie a tali risparmi, è stato possibile per

<sup>49</sup> Fonte: PAES città di Venezia, pag. 159

<sup>50</sup> Fonte: Nottingham electric bus project; opuscolo informativo dell'amministrazione locale sul progetto. I dati economici sono forniti in sterline, convertiti in € al tasso attuale di 1 € = 0,89 £.

l'amministrazione cittadina mantenere inalterata la propria rete di trasporti nonostante i pesanti tagli subiti, e inoltre è stato possibile non incrementare la tariffa del biglietto. Si è quindi potuto non far ricadere sui cittadini i costi sostenuti, riuscendo comunque ad ottenere un significativo miglioramento della qualità dell'aria, una riduzione dell'inquinamento e delle emissioni di gas serra.

## 7.6 Mobilità a carburanti ecologici nel settore pubblico

Alternativa alla mobilità elettrica, ma di indubbia efficacia per la riduzione delle emissioni inquinanti può essere l'utilizzo dei biocombustibili o dei biogas come fonte energetica per i veicoli. Questa filosofia è particolarmente diffusa in Scandinavia, ove si registrano le quote più alte di vendita di veicoli ad alimentazione alternativa (biogas, etanolo, ecc.). Nonostante tali veicoli emettano comunque una certa quota di CO<sub>2</sub> durante il loro funzionamento, sono comunque considerati "carbon-free", in quanto la CO<sub>2</sub> che viene emessa dal carburante è la stessa che è stata assorbita durante il ciclo vitale della pianta da cui poi viene estratto. L'Unione Europea ha inoltre stabilito come obiettivo che almeno il 10% dell'energia consumata dai trasporti provenga da fonti rinnovabili. I biocombustibili prodotti sono soggetti a degli stringenti criteri di sostenibilità: devono ridurre del 50% le emissioni di gas serra rispetto ai combustibili fossili, non possono provenire da terreni che prima erano usati da coltivazioni che assorbivano elevate quantità di CO<sub>2</sub> (es. foreste), e non possono essere prodotti da deforestazione<sup>51</sup>.

Un esempio di utilizzo di biocombustibili nel trasporto pubblico è dato dalla città di Malmö, in Svezia. Essa infatti ha provveduto a sostituire parte della sua flotta di autobus pubblici con dei nuovi modelli di tipo ibrido elettrico-biogas. L'iniziativa ha un costo stimato di 15 milioni di €, e viene stimato un risparmio di 400 tonCO<sub>2</sub>/anno. Questo fa ottenere un rapporto complessivo costi-benefici annuale di 37.500€/anno/tonCO<sub>2</sub> ridotta all'anno. Riferendosi al 2020 per il calcolo del rapporto costi-benefici complessivo, e dato che l'iniziativa è stata lanciata nel 2010 (il PAES risulta scritto in quell'anno), si ottiene un rapporto totale pari a 3.750 €/tonCO<sub>2</sub> totale. Un valore così elevato è spiegabile facendo l'ipotesi che il calcolo di sostituzione sia stato eseguito limitandosi a eliminare le emissioni derivanti dai vecchi autobus a combustibili fossili, che sono stati sostituiti con i nuovi mezzi più ecologici. Poiché la quota di emissioni di CO<sub>2</sub> complessiva dovuta al trasporto pubblico su gomma è piccola, sarà altrettanto piccola la riduzione ottenibile; e di conseguenza sarà più elevato il rapporto costi-benefici.

La maggiore criticità relativa all'utilizzo del biogas è che necessita di vaste aree di coltivazione per fornire la materia prima di partenza, nonché di una filiera produttiva ad hoc per produrlo. La necessità di creare colture può portare alle volte a riconvertire campi che prima erano destinati ad uso alimentare; il che pone poi un problema etico. In alternativa, ma sempre problematico, è possibile creare colture per biocombustibili da deforestazione. Tale problema è stato però proibito dai criteri di sostenibilità del biogas, come prima evidenziato.

Per ottenere una buona riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>, alle volte può essere sufficiente limitarsi a comprare autobus a combustibili fossili moderni in sostituzione di quelli più vecchi. Un esempio è quello che arriva dalla città di Torino, che ha provveduto a sostituire i suoi vecchi autobus Euro 0 ed 1 con i più recenti modelli disponibili sul mercato. Così facendo si possono ridurre dell'80% le emissioni derivanti dai mezzi pubblici, fermo restando che comunque non si risolve il problema alla radice. In tema di ammodernamento e rinnovamento dei mezzi pubblici, è inevitabile la conversione di tali mezzi a propulsioni alternative, di tipo elettrico o a bio-combustibili. Non è stato possibile reperire una stima dei costi in merito a tale iniziativa, in quanto il PAES cittadino riporta costi non determinati<sup>52</sup>.

---

<sup>51</sup> Criteri reperiti presso il link <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/sustainability-criteria>

<sup>52</sup> PAES città di Torino, pag. 67



## 7.7 Bike sharing

Restando nell'ambito del "modal shifting" dei trasporti, è interessante andare a studiare un'altra iniziativa che ha preso piede in numerose città di grandi dimensioni, il bike-sharing. La prima città europea di grandi dimensioni a lanciare tale iniziativa è stata Parigi, che nel 2007 ha lanciato l'iniziativa Vélib'. L'idea è stata finanziata da un partenariato pubblico-privato (PPP), in modo che la municipalità di Parigi non dovesse sostenere gli intensivi costi iniziali. Il partner privato infatti ha sostenuto i costi di lancio dell'iniziativa (acquisto delle biciclette, creazione delle stazioni di sosta, ecc.) in cambio di una serie di concessioni del comune: il diritto a gestire il servizio, a trattenere una parte degli incassi derivanti dagli abbonamenti e ad avere un prezzo agevolato per l'accesso agli spazi pubblicitari del comune. La città ha inoltre provveduto a scoraggiare gli spostamenti in macchina, introducendo delle aree chiuse al traffico e abbassando i limiti di velocità a 30 km/h nel centro cittadino. Contemporaneamente sono state espanse le reti di trasporti pubblici e di piste ciclabili, con un aumento di 355 km di disponibilità di strade riservate alle bici. L'esito di tali politiche è stato incoraggiante; i risultati sul traffico sono raggruppati nella tabella seguente:

Mode	Distance Traveled (million pkm/day)								
	Paris-Paris			Paris-Suburbs			Total		
	2001	2010	% change	2001	2010	% change	2001	2010	% change
All purposes									
Buses	1.3	1.33	2.3	0.73	0.66	-9.6	2.03	1.99	-2.0
Rail-based public transport	4.97	6.28	26.4	24.2	36.7	51.6	29.2	43	47.3
Cars	3.19	2.1	-34.2	18.9	18	-5.1	22.1	20.1	-9.3
Motorbike	0.34	0.42	23.5	0.85	1.28	50.6	1.19	1.7	42.9
Total Bicycle	0.19	0.5	163.2	0.05	0.13	160.0	0.24	0.63	162.5
Private bicycle	0.19	0.33	73.7	0.05	0.1	100.0	0.24	0.43	79.2
Rental bicycle	0	0.17	n/a	0	0.03	n/a	0	0.2	n/a
Total	10.2	11.1	9.4	44.8	56.9	26.8	55	68	23.6

Figura 64; variazioni delle distanze percorse con i vari mezzi di trasporto all'interno dei confini amministrativi di Parigi fra il 2001 e il 2010. Fonte: *The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city*

Si osserva come gli spostamenti in macchina all'interno di Parigi siano calati del 34,2% in 10 anni, mentre quelli effettuati in bicicletta sono più che raddoppiati, con un aumento del 163,2% nello stesso periodo. In aggiunta, si ha avuto anche un aumento generale dell'utilizzo dei mezzi pubblici, come si evince dai dati forniti in tabella. L'aumento dell'utilizzo delle biciclette ha riguardato tutti gli ambiti della vita cittadina, compresi alcuni poco sfruttati, come ad esempio il trasporto merci mediante bici. È stato stimato, grazie alla riduzione del traffico cittadino, che solo l'utilizzo delle bici al posto della macchina per spostamenti piccoli comporti un risparmio annuale di circa 655 tonCO<sub>2</sub>/anno. Si assume per questo calcolo una quota di emissione per macchina pari a 160 gCO<sub>2</sub>/km (valore del 2010); la riduzione giornaliera è pari a oltre 6000 viaggi effettuati in città tramite la macchina. Il valore di riduzione non sembra molto elevato, ma bisogna tener conto che si assume, per gli spostamenti in città, di coprire in macchina una distanza piccola (non più di 3 km). Di conseguenza, i risultati non possono essere elevatissimi. Inoltre, bisogna tenere presente come la quota assoluta di spostamenti in bicicletta effettuati in città risulti molto bassa, meno dell'1% degli spostamenti totali. Di conseguenza, le riduzioni di emissioni di CO<sub>2</sub> legate esclusivamente all'utilizzo del bike sharing sono molto contenute. Nel caso di Parigi inoltre, uno studio ha verificato come tale città sia quella in cui il bike sharing ha sostituito il maggior numero di km percorsi in macchina, dando quindi luogo alla più grande riduzione di emissioni. Di seguito dei grafici esplicativi:

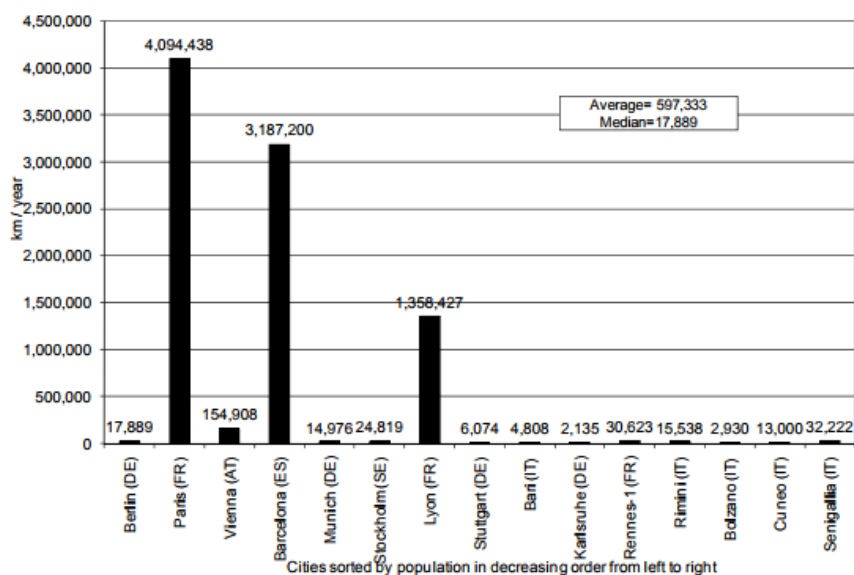


Figura 65, km/anno percorsi in tramite Bike sharing in sostituzione della macchina privata in varie città europee. Fonte: *The contribution of bike-sharing to sustainable mobility in Europe*; Alberto Castro (2011), pag. 100

Noti i km che sono stati percorsi in bici invece che in macchina, si possono calcolare le emissioni di CO2 evitate da queste iniziative:

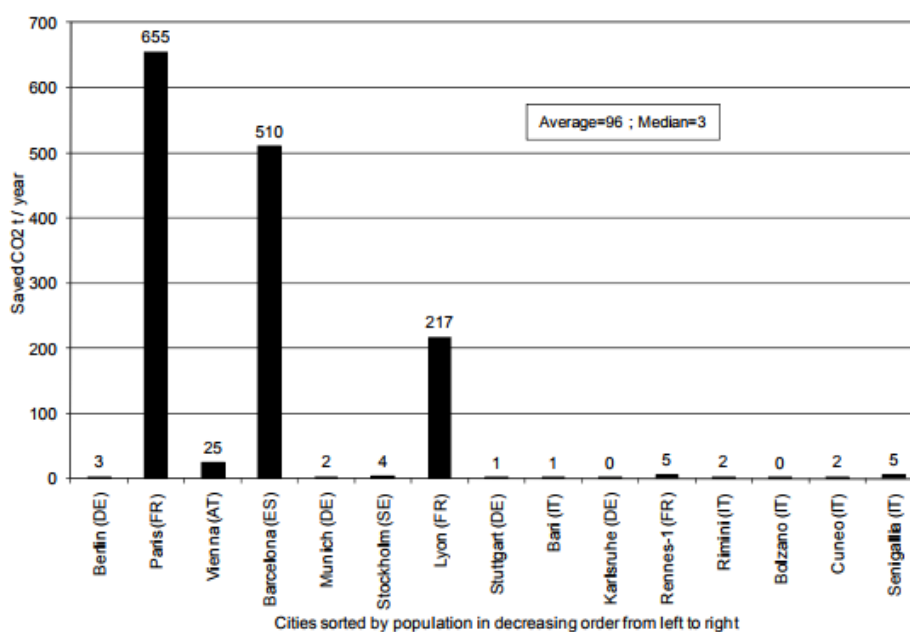


Figura 66, Emissioni di CO2 evitate per anno grazie al bike sharing. Fonte: *The contribution of bike-sharing to sustainable mobility in Europe*; Alberto Castro (2011), pag. 101

È chiaro come i valori di km sostituiti da macchina a bici e di emissioni di CO2 evitate siano direttamente proporzionali alla dimensione della città.

I costi dell'iniziativa sono stimati in circa 3.800 €/bicicletta per l'investimento iniziale; in aggiunta si devono considerare 1.450 €/anno di spese di manutenzione e gestione del servizio. In termini assoluti, considerando che Parigi ha una flotta di 20.600 biciclette, si ha un costo d'investimento iniziale pari a circa 78,28 milioni di €, mentre le spese annuali di gestione ammontano a 29,87 milioni di €. Da questi dati si può stimare un rapporto costi-benefici annuale di 126.156 € anno/tonCO2 ridotta. Se si fa il calcolo con riferimento al 2020, con 13 anni di progetto, e ipotizzando costante la riduzione ottenuta, si ricava un rapporto costi-benefici di 9.123 €/tonCO2 ridotta.

Come detto in precedenza, il comune di Parigi ha lanciato questa iniziativa tramite un Partenariato pubblico-privato, indi per cui i costi complessivi d'investimento non sono gravati sul suo bilancio. In compenso però, il comune incassa i ricavi derivanti dalle tariffe di noleggio delle bici. Tali ricavi sono stimati in circa 30 milioni di € all'anno. Da questi dati di gestione risulta chiaro come tale servizio abbia bisogno di essere sussidiato per poter essere economicamente sostenibile. In aggiunta a questo, bisogna tenere conto degli indubbi costi legati alla manutenzione; nel progetto di bike-sharing parigino infatti è stato necessario sostituire dopo un solo anno pressoché l'intera flotta di bici a disposizione del pubblico a causa di furti e vandalismi. Ciò introduce un extra-costo di difficile stima a priori, che si va ad aggiungere ai costi di manutenzione ordinaria e gestione del progetto. Le biciclette fornite inoltre hanno normalmente un costo maggiore rispetto ad una normale bici privata poiché hanno bisogno di una serie di accorgimenti particolari per ridurre i rischi di furto e rendere adatte alle infrastrutture previste nell'iniziativa. La non sostenibilità economica del bike sharing è stata inoltre certificata (per l'Italia) da uno studio svolto dalla società Polinomia s.r.l.<sup>53</sup>.

L'altra criticità, riscontrata in seguito ad alcuni sondaggi e dallo studio prima citato, è più sottile. Si è potuto accertare infatti come in realtà molto spesso l'utilizzo del bike sharing non vada a sostituire l'uso della macchina privata, ma spesso invece vada a rimpiazzare l'utilizzo dei mezzi pubblici. Tale constatazione porta a concludere che si possa molto spesso sovrastimare il beneficio di tale iniziativa in termini di riduzione di emissioni di CO2, in quanto l'utilizzo del bike-sharing non implica necessariamente che si usi meno la macchina privata<sup>54</sup>. Di seguito i risultati di un sondaggio svolto in Spagna sull'utilizzo del bike-sharing:

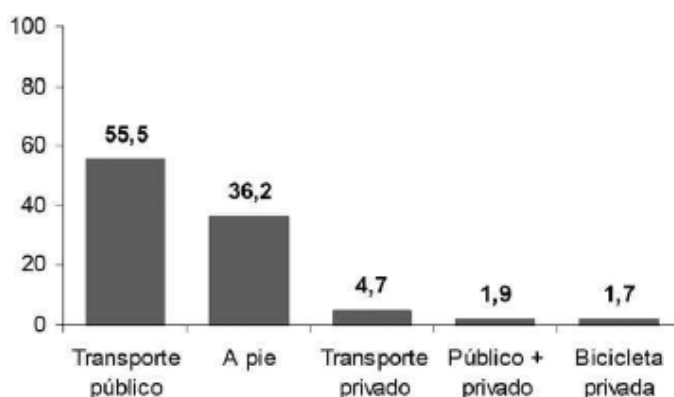


Figura 67, Sondaggio relativo all'utilizzo del servizio di bike sharing in quattro grandi città spagnole.  
Fonte: Balance General de la Bicicleta Pública en España

La domanda che è stata posta in tale sondaggio è: "il viaggio appena fatto, se non ci fosse stata la possibilità di usare la bici pubblica, con quale mezzo l'avrebbe svolto?" e si può osservare come solo il 4,7% delle risposte sia "con trasporto privato". Ciò va a sostegno di quanto detto prima su quali tipi di spostamenti il bike sharing vada a sostituire maggiormente. In generale, la riduzione complessiva di traffico privato che viene stimata ottenersi tramite iniziative di bike sharing è al massimo dello 0,04%, di conseguenza le riduzioni di CO2 equivalente saranno minime<sup>55</sup>. Ciò va a conferma di quanto verificato prima riguardo all'iniziativa di bike sharing di Parigi, ove la riduzione delle emissioni di CO2 risulta molto piccola proprio per questo motivo.

Nonostante la necessità di sussidiare il servizio, le iniziative di bike sharing stanno prendendo sempre maggior piede, anche perché sono percepite dalle amministrazioni in quanto creano un grande ritorno d'immagine per le città, che così possono dimostrare di essere attenti al lato ecologico. Il bike sharing inoltre può creare dei vantaggi di tipo accessorio e difficilmente quantificabili dal punto di vista economico, ma indubbiamente positivi verso i cittadini. Ad esempio, un calo di utilizzatori del trasporto pubblico rende le vetture dei trasporti meno sovraffollate e può portare ad un aumento del grado di soddisfazione generale sui trasporti. Inoltre, è indiscutibile che implementare un'iniziativa di questo tipo possa creare non pochi posti di lavoro e

<sup>53</sup> Fonte: il bike sharing conviene? appunti per un ragionamento sull'impatto economico-finanziario, di Alfredo Drufuca

<sup>54</sup> Fonte dei dati e dei sondaggi: bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas; pag. 17

<sup>55</sup> Fonte: Balance General de la Bicicleta Pública en España, pag.89

aumentare l'economia locale. Per l'iniziativa di bike sharing di Barcellona, "bicing", è stato stimato che si crei un impiego ogni 24 biciclette fornite al pubblico<sup>56</sup>. Tali posti chiaramente derivano dalle necessità organizzative e di manutenzione di tale servizio. Inoltre, non è trascurabile neanche l'effetto positivo che un aumento dell'utilizzo della bicicletta ha sulla salute pubblica. Per quanto sia difficilmente quantificabile a livello economico, è indiscutibile che un aumento di persone che fanno esercizio fisico tramite il servizio di bike-sharing porta ad un miglioramento delle loro condizioni di salute e quindi ha riflessi positivi sulla sanità cittadina. Infine, l'aumento dell'utilizzo di biciclette pubbliche è stato correlato con una diminuzione degli incidenti stradali, e quindi in un aumento della sicurezza stradale. Si può vedere un grafico di tale andamento riferito alla città di Barcellona:

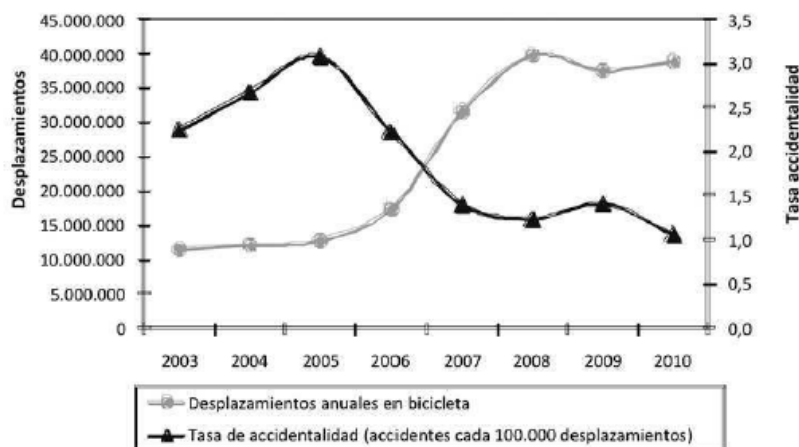


Figura 68, variazione degli spostamenti in bicicletta ("desplazamientos anuales en bicicleta") e del tasso di incidenti per 100.000 spostamenti ("tasa de accidentalidad").

Fonte: Balance General de la Bicicleta Pública en España (in spagnolo)

Si osserva come nel tempo si sia ridotto a quasi un terzo il tasso di incidenti riguardanti i ciclisti; il che è un indubbio guadagno per la sicurezza cittadina e per il benessere in generale.

A ulteriore conferma di quanto appena affermato, si è ottenuto un risultato pressoché analogo a quello spagnolo con un sondaggio simile svolto relativamente all'iniziativa di bike-sharing presso la città di Dublino, in Irlanda. Il sondaggio svolto fra gli utilizzatori regolari di bike sharing infatti certifica come solo l'1% degli intervistati avesse deciso di usare il servizio di bike sharing al posto della macchina privata, mentre oltre l'88% aveva sostituito con la bicicletta un analogo percorso a piedi. L'articolo inoltre fa una stima di riduzione di CO2 grazie a tale modal-shifting di sole 70,26 tonCO2/anno, di cui una buona parte è dovuta al calo dell'utilizzo del servizio di taxi cittadino. Per ricavare questo dato di riduzione, è necessario fare una serie di ipotesi: supporre che la riduzione di traffico sia la stessa che si ottiene facendo un sondaggio; assumere un valore medio di emissioni da parte del parco veicoli cittadino (disponibile in vari database) e ipotizzare una lunghezza media del tragitto. La fonte in questo caso assume: una lunghezza media di viaggi fra 2 e 4 km in città e delle emissioni medie per veicolo pari a 123 gCO2/km. L'articolo inoltre considera come riduttivi delle emissioni anche le persone che hanno affermato di essere passati all'utilizzo del bike sharing al posto del taxi, arrivando a coprire dunque una percentuale del 6,8% delle persone intervistate.

Il calcolo che viene effettuato è quindi:

$$\begin{aligned}
 & \text{viaggi totali bike sharing} \times \text{percentuale trasferimento auto o taxi} \\
 & \quad \times \text{emissioni medie auto} \times \text{distanza media percorsa} = \\
 & 2,4 \cdot 10^6 \cdot 0,068 \cdot 0,000123 \frac{\text{tonCO}_2}{\text{km}} \cdot 3\text{km} = 70,26 \text{ tonCO}_2 / \text{anno}
 \end{aligned}$$

A fronte di una spesa di lancio dell'iniziativa di circa 33 milioni di €, si può stimare un rapporto annuale costi-benefici pari a 469.984 €/anno/tonCO2; e con riferimento al 2020, sapendo che l'iniziativa è stata lanciata

<sup>56</sup> Fonte: Balance General de la Bicicleta Pública en España, pag. 102 (in spagnolo)

nel 2009 (11 anni di progetto), si ottiene un rapporto complessivo pari a 42.700 €/tonCO2 ridotta. Anche tale servizio ha necessità di essere sostenuto pubblicamente, in quanto le spese annuali sono stimate in 2,18 milioni di € a fronte di ricavi per circa 1,38 milioni di €.

Per concludere, è possibile affermare come tali iniziative non contribuiscano a ridurre in modo significativo le emissioni di CO2 all'interno di una città; restano innegabili gli effetti positivi sulla società e sul benessere dei cittadini, che sono però difficilmente quantificabili in termini economici. Di conseguenza, sono sì utili ma di sicuro non possono essere la strada da privilegiare per ottenere una riduzione consistente delle emissioni di gas serra cittadine.

## 7.8 Conclusioni

Si possono trarre alcune conclusioni di carattere generale dall'analisi delle iniziative intraprese nel settore dei trasporti.

È utile raggruppare tutte le iniziative che si sono prese in esame in una tabella di sintesi, che raccolga per sommi capi i dati più interessanti che sono stati poi approfonditi:

Tipo iniziativa	Città d'attuazione	Costi (stimati) [milioni di €]	Effetti (stima) [tonCO2/anno]	Costi/benefici [€/tonCO2] (calcolate con riferimento al 2020 per semplicità)	Altri effetti
Tassa sul traffico	Stoccolma (SE)	200	42.500	362	-20% traffico macchine; 80 mil €/anno rendita per il comune
Incentivazione trasporto pubblico	Tallinn (EE)	15	5.340	401	Aumento residenti in città, e aumento rendite fiscali per il comune
	Venezia (IT)	245	17.022	1.439	Sostituzione linea autobus con Tram
	Firenze (IT)	262	4.894	5.353	Costruzione nuova linea di Tram
Mobilità ecologica	Nottingham (UK)	17	210	9.881	Risparmio costi carburante e manutenzione annuali
	Malmö (SE)	15	400	3.750	Utilizzo di biogas per nuovi autobus
Bike Sharing	Dublino (IE)	33	70,8	42.700	Benefici per la salute pubblica
	Parigi (FR)	80	660	9.123	Benefici per salute pubblica e creazione di posti di lavoro

Grazie a questa tabella, e a quanto scritto in precedenza, possiamo trarre alcune interessanti indicazioni:

La strada che risulta più efficace in termini di riduzione conseguibile, nonché quella avente il miglior rapporto costi benefici, è indubbiamente quella della penalizzazione del trasporto privato tramite tasse sui cittadini. Per quanto sia un'iniziativa controversa, per questioni di accettabilità sociale e politica già esaminate, è indiscutibile come i risultati ottenuti siano ottimi sotto ogni punto di vista: la riduzione del traffico veicolare nel centro è tangibile, il calo di emissioni di gas serra e di gas inquinanti lo è altrettanto. Inoltre, l'amministrazione ha ottenuto una considerevole rendita economica implementando tale ticket. Infine, si sono ottenuti degli incentivi indiretti all'acquisto di macchine ecologiche, garantendo l'esenzione al pagamento della tassa a chi possedesse un veicolo a combustibili biologici o alternativi; si è migliorata inoltre la qualità del trasporto pubblico riducendo i tempi di percorrenza delle varie linee e ottenendo quindi anche delle migliori risposte dai sondaggi presso il pubblico. Non deve sorprendere quindi come il consenso per tale misura sia aumentato notevolmente nel tempo.

Dà dei buoni risultati anche la gratuità del trasporto pubblico. Va sottolineato però che tali risultati non sono certo elevati come ci si aspetterebbe, una riduzione del traffico del 3% complessivo è significativa ma di certo non rilevante. Tale iniziativa ha dato come risultato inaspettato la riduzione notevole di spostamenti a piedi nella città; con anche dei possibili futuri problemi di salute pubblica. È necessario precisare inoltre come non vi sia la certezza della sostenibilità economica sul lungo termine di tale proposta, in quanto non vi sono al momento studi approfonditi in materia per una città così grande.

Le altre iniziative risultano molto più costose. Se si va a prendere in esame i risultati ottenuti tramite un miglioramento del servizio, conseguito dalla creazione delle nuove linee, si osserva come i rapporti costi benefici per tali iniziative (Firenze, Venezia) siano elevati. Ciò è spiegabile con gli elevati costi d'investimento che sono richiesti per l'attuazione dei progetti; inoltre, la quota di traffico che si va a sottrarre a quella privata non è molto elevata per una serie di ragioni contingenti. Infine, le linee che utilizzano elettricità non vanno ad annullare le emissioni del tutto, in quanto bisogna comunque tenere conto delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovute alla produzione dell'elettricità richiesta per il funzionamento di tali mezzi, che va a intaccare il potenziale di riduzione di emissioni di gas serra a disposizione.

Sono ancora più elevati i rapporti costi-benefici degli investimenti in mobilità ecologica (elettricità, biocombustibili). In questo caso, tali valori così alti sono spiegabili con le basse riduzioni che si vanno ad ottenere. La quota di emissioni dovuta ai trasporti pubblici infatti pesa neanche per il 10% del totale delle emissioni del settore dei trasporti, e sostituendo una linea di autobus tradizionali con una elettrica o a biocarburanti si eliminano solo le emissioni finali di CO<sub>2</sub> dovute ai mezzi. L'elettricità degli autobus elettrici inoltre va comunque computata nel calcolo delle emissioni all'interno del PAES locale, e perciò non si potrà ottenere un calo drastico delle stesse. Bisogna considerare inoltre come tali nuovi mezzi richiedano delle notevoli infrastrutture di supporto e gestione, che necessitano di elevati investimenti e spese annuali per essere regolarmente in funzione. Tali costi vanno ad aggiungersi a quelli già elevati necessari per l'acquisto dei mezzi, di conseguenza il rapporto costi benefici sarà molto elevati.

Infine, il bike sharing risulta essere di gran lunga l'iniziativa meno efficace. Ciò è spiegabile in modo semplice: la riduzione di traffico privato che si ottiene è veramente molto bassa, di conseguenza le associate riduzioni di CO<sub>2</sub> saranno ugualmente molto ridotte. Inoltre i costi d'investimento iniziali e di gestione successiva sono molto elevati; si può perciò affermare come tale iniziativa non sia la strada più efficace per un abbattimento efficace e rilevante delle emissioni di gas serra in una città.

Si può perciò concludere come la strada più efficace ed efficiente per ridurre in modo consistente le emissioni di gas serra nel settore dei trasporti sia la penalizzazione del trasporto privato, fermo restando che è necessario un miglioramento sia dell'offerta che dei mezzi del trasporto pubblico cittadino, ai fini di minimizzare il suo impatto ambientale.

## Cap. 8: Criticità generali di implementazione e monitoraggio delle iniziative

Il punto critico principale, e comune a tutte le iniziative, è quello legato al monitoraggio dell'effettiva implementazione e dei risultati delle stesse. Le linee guida per il monitoraggio infatti sono state rilasciate dal JCR solo nel 2014; ciò implica che le città che hanno redatto il loro PAES/PAESC precedentemente hanno dovuto trovare delle proprie linee guida per effettuare il monitoraggio. Ciò ha però comportato un differente metodo di controllo per ogni città, poiché ognuna lo ha basato sui parametri che riteneva più indicativi. Tale problema è stato ora affrontato con la pubblicazione del documento "Reporting Guidelines on Sustainable Energy Action Plan and Monitoring" da parte del JCR, che dà delle linee guida sulla compilazione anche del monitoraggio per creare un database coerente fra i vari firmatari.

Un esempio di iniziativa propria per il controllo del monitoraggio è quello dato dalla città di Barcellona, che ha creato due classi di indicatori atti a misurare l'efficacia delle varie iniziative. La prima è chiamata "indicatori di azione", che sono volti a misurare effetti direttamente collegati alle azioni di mitigazione delle emissioni di gas serra intraprese. Alcuni esempi possono essere: l'aumento di potenza da energia solare installata; il miglioramento delle classi energetiche degli edifici, ecc. Tali indicatori si basano su dati facilmente misurabili e direttamente correlabili alle iniziative prese. La seconda classe di indicatori invece è denominata "indicatori di reazione", che invece mirano a misurare gli effetti delle politiche ambientali sull'economia e sulla società. In questo caso il dato non è così ovvio come in precedenza; ad esempio una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> globale, oltre ad essere dovuta alle politiche ambientali, può anche essere legata a cause congiunturali; ad esempio la crisi economica ha portato a un calo complessivo delle emissioni di CO<sub>2</sub> a causa della chiusura delle industrie per fallimento. L'idea di fondo resta comunque quella di sorvegliare gli effetti delle misure ambientali sui dati macroscopici urbani; e vedere che stimolo tali misure possano dare all'economia (creazione posti di lavoro, investimenti, ecc.). La città di Barcellona ha comunque previsto un esaustivo piano di monitoraggio per ogni attività prevista, con delle proprie unità di misura funzionali<sup>57</sup>.

Un'altra città che ha provveduto a creare un proprio metodo di misura è Monaco di Baviera, che ha introdotto un indicatore dinamico per monitorare l'andamento delle misure implementate nel proprio SEAP. Tale indicatore determina le riduzioni di emissioni di CO<sub>2</sub> per vettore energetico, con riferimento al mix di fonti usato dalla città per generare l'energia di cui ha bisogno.

Un altro metodo che può essere usato è quello di indicare, per ogni misura che si intende portare avanti, la persona responsabile del monitoraggio e della verifica dei risultati. Tale approccio è usato nel SEAP di Dublino, anche se risulta chiaramente un po' più macchinoso, in quanto richiede di contattare singolarmente le persone responsabili per avere delucidazioni sulle iniziative.

Un'altra possibilità è creare un sito ad hoc in cui tenere aggiornati cittadini e tecnici sui progressi compiuti nell'attuazione delle misure previste nel PAES/PAESC, come fatto dalla città di Bologna. Tale mezzo è un'idea semplice ma efficace per avere trasparenza nel monitoraggio, e riuscire a rendere chiari i propri risultati e iniziative, in modo da poter poi anche coinvolgere adeguatamente la cittadinanza.

Restando sul tema del monitoraggio, è stato già visto come, per vari motivi, molte amministrazioni locali siano in ritardo nella compilazione dei rapporti di monitoraggio previsti ogni 4 anni; perciò spesso è difficile trovare dei dati sicuri sui risultati delle iniziative in termini di emissioni, sulle difficoltà incontrate, ecc. Ciò rende più difficoltoso stabilire lo stato di avanzamento delle iniziative, comprendere i risultati raggiunti e verificare anche eventuali difficoltà che si sono incontrate. Sarebbe utile nel futuro implementare mezzi di aiuto e incentivazione per far sì che i report di monitoraggio siano spediti nelle date previste.

Un'altra criticità di carattere generale è quella dell'adattabilità del PAES/PAESC con altre iniziative di tipo locale già intraprese dalle varie nazioni. Può capitare infatti che alcune città avessero già previsto delle misure atte alla riduzione delle emissioni di gas serra, nell'ambito però di direttive nazionali o locali. In Francia ad esempio è obbligatorio dal 2012 per le amministrazioni locali aventi più di 50.000 abitanti il "Piano territoriale

---

<sup>57</sup> The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans; pag. 29 annex. 4



per l'energia e per il clima" (in francese PCET, *Plan climat énergie territorial*). Ciò ha portato i firmatari del patto dei sindaci francesi a sviluppare tale piano in concordanza con le iniziative già indicate nel PAES/PAESC, se aderenti al patto prima del 2012. Viceversa se firmatari dopo tale anno, quando il PAES/PAESC invece è stato usato come parte per l'implementazione del piano locale. Una situazione simile è presente in Germania, ove per legge ogni città deve presentare il proprio "piano d'azione integrato per la difesa del clima" (in tedesco *IHK, Integrierte Handlungsprogramme Klimaschutz*) per la riduzione delle emissioni di gas serra. Anche in questo caso si è sfruttata l'idea del PAES per adattare tale piano agli obbiettivi richiesti dal patto dei sindaci. È da segnalare che manca una linea guida generale sul come adattare il PAES/PAESC alle già esistenti iniziative locali, per evitare di duplicare il lavoro alle amministrazioni locali.

Un altro punto critico può essere quello dell'effettiva realizzazione delle iniziative descritte nel PAES/PAESC. Non sempre infatti vengono rispettati i tempi d'implementazione previsti nel Piano, il che rende più complesso stimare l'effettiva riduzione delle emissioni di CO2 conseguita ad una certa data. In aggiunta, un ritardo di un'iniziativa (principalmente quelle di costruzione di infrastrutture, es. ampliamento reti trasporti pubblici) comporta di solito dei costi aggiuntivi per l'amministrazione, che vanno ad influenzare il rapporto costi-benefici. Un esempio può essere quello della linea 2 della metropolitana di Torino. Tale opera risulta inserita nel PAES cittadino, con stima di conclusione dei lavori al 2020 e anche di costi, desunta da quelli sostenuti per la costruzione della Linea 1. Non risulta però a oggi alcun avviamento dei lavori; è logico perciò supporre come difficilmente tale opera possa essere ultimata entro il 2020, e non possa perciò contribuire alle riduzioni di CO2. Non si possono dunque considerare le riduzioni conseguibili da tale opera, in quanto vanno oltre l'orizzonte temporale definito del 2020. Simile a questo, alle volte è complesso trovare stime precise dei costi dell'iniziativa. Spesso infatti, soprattutto per iniziative ancora allo stadio embrionale, i costi non sono ancora determinati, e risulta perciò molto difficile averne una stima precisa. Inoltre, soprattutto per le iniziative di "ordinaria amministrazione" (ammodernamento impianti, sostituzione trasporti, ecc.) non è facile reperire documenti esplicativi al riguardo. Infine, alle volte i PAES/PAESC fanno stime troppo ottimistiche sulle riduzioni conseguibili; soprattutto con le iniziative di trasporti quali bike sharing. La verifica dei dati e delle stime forniti non sempre è agevole, in quanto non è semplice reperire informazioni precise al riguardo da fonti affidabili. Questo riguarda soprattutto alcune iniziative di tipo tradizionale (es. l'ammodernamento degli impianti), di cui non viene fatta propaganda né vengono effettuati studi o opuscoli informativi al riguardo, richiedendo perciò di dover fare affidamento esclusivamente alla stima di costi e effetti positivi reperibile nel PAES/PAESC.

## Cap. 9: Conclusioni generali

L'iniziativa del Patto dei Sindaci ha avuto un grande e inaspettato successo, soprattutto nei paesi del Sud Europa quali Italia, Spagna e Portogallo. Il coinvolgimento di moltissimi sindaci di piccole e piccolissime realtà è un ottimo risultato, per creare un'iniziativa che lavori "dal basso" per un obiettivo comune. Inoltre, è riuscita nell'intento di creare una vasta comunità di amministratori e autorità pubbliche che lavorano per lo stesso obiettivo e si scambiano informazioni ed esperienze al riguardo. Fondamentale è inoltre la stesura del Piano di Azione per l'Energia Sostenibile, o PAES. Grazie ad esso infatti tutti i comuni lavorano sulla stessa falsariga, in modo da elencare tutte le loro iniziative e i loro esempi di eccellenza su una base comune. Inoltre tale documento è fondamentale anche a fini di analisi statistiche; si è visto infatti come sia possibile studiare quali siano i campi d'azione comuni alle varie amministrazioni e quali siano gli strumenti e le politiche adottate più spesso per raggiungere gli obiettivi prefissi. Inoltre, il controllo su tale documento da parte del JRC assicura che non vi siano voli pindarici e stime esagerate sui progetti descritti.

La vastità di iniziative a disposizione permette inoltre di poter esaminare quali siano gli esempi di miglior risultati, in modo tale da poterli replicare. Si possono identificare alcune linee guida generali da questa semplice analisi: Si sono identificati i tre principali settori d'azione delle varie amministrazioni locali; con l'aggiunta di un quarto, quello della sensibilizzazione, in cui si spinge per la presa di coscienza da parte della cittadinanza del problema. Lo studio qui condotto ha consentito di esaminare alcune delle iniziative più interessanti nei vari settori, e di avere anche delle indicazioni sul rapporto costi-benefici di tali azioni di mitigazione. Facendo una media complessiva per settore, si ha che:

- Nel settore dell'efficienza energetica, il rapporto medio costi-benefici risulta pari a 229,04 €/tonCO2 investita
- Nell'ambito della generazione di energia locale, si ha un rapporto medio costi benefici pari a 69,34 €/tonCO2
- Per quanto riguarda le azioni di mitigazione nel ramo dei trasporti, esse hanno un rapporto medio costi benefici di 9.160,5 €/tonCO2

Il così alto valore di rapporto costi benefici per il settore dei trasporti è spiegabile con la combinazione di una serie di fattori, che sono già stati esaminati. Elencandoli rapidamente: gli investimenti per ampliamento delle infrastrutture dei trasporti pubblici sono molto elevati, e conseguono relativamente piccole riduzioni di emissioni di gas serra (vedasi le iniziative analizzate sull'estensione delle reti di trasporti); molte tecnologie nell'ambito sono nuove e quindi ancora molto costose (la mobilità elettrica su gomma), e in aggiunta richiedono una vasta infrastruttura di supporto che va pianificata, costruita e gestita ex-novo. Molte iniziative hanno anche una riduzione di emissioni piccola per i loro investimenti (vedasi il bike-sharing), o vanno a sovrapporsi non portando effetti benefici. L'esempio più chiaro sta nel bike-sharing che va a far calare la quota di persone che si sposta tramite mezzi pubblici, mentre si ottiene l'effetto contrario con l'offerta del trasporto pubblico gratuito. Vi sono inoltre notevoli problemi di accettabilità sociale e politica nelle misure di riduzione e tassazione del traffico veicolare privato. Infine, il calcolo preciso delle emissioni derivanti dai mezzi di trasporto è complesso e risente della metodologia utilizzata per ottenere i risultati. Nonostante tutto, è imperativo per ogni amministrazione andare ad agire anche su questo settore, soprattutto sull'ambito privato, che si rammenta essere responsabile in media del 26% delle emissioni complessive di una città. Gli altri due settori invece presentano dei valori più bassi. Ciò è derivato dall'ampio potenziale d'azione di riduzione che è presente in tutti e due i settori. Il settore dell'efficienza energetica ha infatti enormi spazi d'azione soprattutto nel residenziale e nell'ambito industriale, e le iniziative in questi ambiti, se ben coordinate, possono dare degli ottimi risultati (Amburgo, Umeå). Fondamentale è inoltre il coinvolgimento di attori privati in queste iniziative, per poter condividere costi, rischi e successi di tali progetti. Le iniziative di maggior successo prese in esame infatti hanno puntato entrambe su una compartecipazione fra pubblico e privato. Il settore della generazione locale di energia può invece sfruttare la possibilità di ammodernamento tecnologico e sviluppo di nuove fonti di energia, che forniscono migliori

capacità di produzione energetica con emissioni inquinanti molto ridotte o nulle rispetto ai loro omologhi a fonti tradizionali. Ad esempio, riqualificare un impianto da carbone a gas naturale con cogenerazione consente di far calare notevolmente le emissioni di CO<sub>2</sub>; valore che si può ampliare ulteriormente se si sfruttano le tecnologie più efficienti. Vedasi come caso esemplificativo quello di Düsseldorf. Grandi possibilità di recupero e riutilizzo dell'esistente è offerta anche dall'efficientamento e miglioramento degli impianti esistenti, come mostrato nel caso di Riga. Si possono ottenere anche grandi risultati in termini emissivi e di rapporto costi benefici tramite gli investimenti sul recupero di energia dai rifiuti urbani tramite incenerimento, o sfruttamento del biogas generato dalla loro fermentazione.

Tali soluzioni, pur avendo elevati costi d'investimento iniziali, hanno portato a degli ottimi risultati per le amministrazioni che le hanno implementate. L'ambito della generazione da fonti rinnovabili invece richiede un supporto più ampio, anche a livello nazionale, visti gli elevati costi che molte tecnologie hanno ancora in tale settore. Tutte le energie da fonti rinnovabili infatti hanno bisogno di un'incentivazione sull'energia prodotta, altrimenti il loro prezzo sarebbe talmente elevato da risultare fuori mercato. Anche in questi campi si possono comunque fare degli interventi di grande interesse, esplorando anche strade di finanziamento alternativo. L'esempio più chiaro in materia resta quello della città di Nijmegen, che ha reperito fondi usando azionariato popolare, crowdfunding e ricavi da iniziative sportive. Fondamentale in questi campi è la decisa volontà dell'amministrazione di investire in tali tecnologie; nonché un'attenta progettazione e una corretta informazione dell'opinione pubblica.

In modo generale, si può concludere come l'iniziativa del patto dei Sindaci sia un grande successo, in quanto ha portato moltissime amministrazioni ad avere un'elevata sensibilità sui temi del riscaldamento globale e della riduzione delle emissioni di gas serra. Si sono portate molte amministrazioni ad investire pesantemente su tale ambito, e si è riusciti a mettere in rete tutte le varie iniziative prese nelle più diverse parti d'Europa. Così facendo l'iniziativa è riuscita a creare una vasta rete di persone che lavorano per un singolo scopo, e che scambiandosi informazioni riescono a raggiungere i loro obiettivi nel modo più efficiente ed economico possibile. Inoltre, l'inventiva delle varie amministrazioni ha consentito di esplorare diverse strade di attuazione delle iniziative, partendo da vari metodi di reperimento fondi a strategie di implementazione a collaborazioni di vario tipo fra pubblico e privato. Infine, l'iniziativa ha stimolato notevoli investimenti da parte dei privati verso l'obiettivo di lotta al cambiamento climatico, riuscendo a sensibilizzarli e a ottenerne il fondamentale contributo per lo stesso scopo. Fondamentale rimane il costante scambio di informazioni, che consente a tutti gli amministratori di sfruttare le idee altrui per rendere migliore il proprio ambiente. Ciò è probabilmente il più grande risultato raggiunto dall'iniziativa, oltre all'innegabile riduzione delle emissioni di gas serra. Nonostante tutto molto resta ancora da fare, e per far ciò il progetto generale deve costantemente rinnovarsi e riadattarsi, fissandosi obiettivi sempre più ambiziosi e riuscendo ad attrarre sempre più ricerca e investimenti nei vari settori di competenza.

## Cap. 10: Bibliografia

### Cap. 2, Testi e documenti relativi:

Andreas Löschel, Christoph Böhringer; Ulf Moslener; Thomas F Rutherford: *“EU Climate Policy Up to 2020: An Economic Impact Assessment”* .

articolo on-line reperibile al link:

<https://www.econstor.eu/handle/10419/37219>

Pubblicazione delle Nazioni Unite, Autore anonimo: *“World Urbanization Prospects”* (2014), reperibile al link:

<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>

Documento di approvazione dell'Accordi di Parigi sul clima: *“ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT”* (2015); reperibile presso il link:

<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

Articolo relativo alle emissioni di gas serra delle grandi città, pubblicato dall'ONU (Autore non precisato): *“city planning will determine pace of global warming”* (2007), reperibile presso il link:

<http://www.un.org/press/en/2007/gaef3190.doc.htm>

David Dodman *“Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories”*; in *“Environment & Urbanization”*, vol. 21, pp. 185-201, Ed. Christine Ro, Londra (UK).

Report redatto per “the World Bank”, Daniel Hoornweg: *“Cities contribution to climate change”* in *“Cities and climate change: an urgent agenda”* (2010). Documento reperibile presso il link:

<http://siteresources.worldbank.org/INTUWM/Resources/340232-1205330656272/4768406-1291309208465/PartIII.pdf>

### Cap. 3, Testi e documenti relativi:

Fabio Famoso, Roberto Lanzafame, Paolo Monforte, Pier Francesco Scandura *“Analysis of the Covenant of Mayors Initiative in Sicily”* (2015). Su Energy Procedia, pp. 482-492. Ed. Jinyue Yan, Stoccolma (Svezia)

Ana Rita Neves, Lucie Blondel, Kristen Brand, Sarah Hendel-Blackford, Rivas Calvete, Andreea Iancu, Giulia Melica, Brigitte Koffi, Paolo Zancanella, Albana Kona. *“Linee guida del Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia per la presentazione dei rapporti di monitoraggio -Cities' contribution to climate change”* Articolo reperibile presso <http://www.covenantofmayors.eu/Covenant-technical-materials.html>

Edoardo Croci, Benedetta Lucchitta, Greet Janssen-Maenhout, Simone Martelli, Tania Molteni: *“Urban CO2 mitigation strategies under the Covenant of Mayors: An assessment of 124 European Cities”*, (2016) in Journal of Cleaner Production; pp. 1-17, Ed. Jiří Jaromír Klemeš; Brno (Rep. Ceca).

Ana Rita Neves, Lucie Blondel, Kristen Brand, Sarah Hendel-Blackford, Rivas Calvete, Andreea Iancu, Giulia Melica, Brigitte Koffi, Paolo Zancanella, Albana Kona : *“Covenant of Mayors: Greenhouse Gas Emissions Achievements and Projections”* (2014); articolo on-line reperibile su <https://www.researchgate.net/publication/310366689>

Ana Rita Neves, Lucie Blondel, Kristen Brand, Sarah Hendel-Blackford, Rivas Calvete, Andreea Iancu, Giulia Melica, Brigitte Koffi, Paolo Zancanella, Albana Kona: *"The Covenant of Mayors: In-depth Analysis of Sustainable Energy Actions Plans"* (2015); . Articolo reperibile presso [https://www.researchgate.net/publication/286924920\\_The\\_Covenant\\_of\\_Mayors\\_In-depth\\_Analysis\\_of\\_Sustainable\\_Energy\\_Action\\_Plans](https://www.researchgate.net/publication/286924920_The_Covenant_of_Mayors_In-depth_Analysis_of_Sustainable_Energy_Action_Plans)

## Cap. 5, Testi e documenti relativi:

James Henderson, Carsten Rothballer: *"InnovationCity Ruhr – Model City Bottrop: revitalizing an industrial region through low-carbon redevelopment and active public-private partnerships"* (2014); Report di Case study scritto per l'ICLEI -Local governments for sustainability. Reperibile al link [http://www.iclei.org/fileadmin/PUBLICATIONS/Case\\_Studies/ICLEI\\_cs\\_169\\_Bottrop\\_2014.pdf](http://www.iclei.org/fileadmin/PUBLICATIONS/Case_Studies/ICLEI_cs_169_Bottrop_2014.pdf)

Rüdiger Schumann, Sebastian Bittrich: *"InnovationCity news: Summary of half-time results 2015"* (2015). Pdf di report sui risultati intermedi dell'iniziativa, reperibile al link [http://www.icruhr.de/fileadmin/media/downloads/ICR\\_Half-time\\_results\\_2015\\_Single.pdf](http://www.icruhr.de/fileadmin/media/downloads/ICR_Half-time_results_2015_Single.pdf)

Norbert Verweyen, Viktor Grinewitschus: *"Ein Jahr RWE Zukunftshaus: Präsentation Zwischenbilanz"* (2014, in tedesco), Presentazione del bilancio dell'iniziativa Zukunftshaus a un anno dal suo completamento. Reperibile presso il link <https://www.rwe.com/app/Pressecenter/Download.aspx?pmid=4011814&datei=1>

Autore anonimo: *"EGCA 2018, Umeå, Sweden"* (2015). Rapporto ufficiale sulle prestazioni energetiche pubblicato dall'amministrazione comunale. Reperibile al link <http://www.umea.se/download/18.65c1214d14f38ac155364e36/1446109853234/11.+Energy+performanc e.pdf>

Documento di linee guida di finanziamento redatto da Hamburg behörde für Energie und Umweltschutz: *"Förderrichtlinie: Unternehmen für Ressourcenschutz"* (2013, in tedesco). Reperibile al link <http://www.hamburg.de/contentblob/1077484/f5d43dc154a4a516ebce7e8477d6d7f2/data/foerderrichtlinie-antrag-2014.pdf>

Dr. Günter Tramm : *"Klima- und Ressourcenschutz in Unternehmen durch Kooperation, Vernetzung und Förderung"* (2011, in tedesco), Report decennale sui risultati d'iniziativa redatto per Hamburg behörde für Energie und Umweltschutz (Autorità cittadina per l'energia e l'ambiente). Reperibile al link: [https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/konferenz\\_2011\\_vortrag\\_tamm.pdf](https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/konferenz_2011_vortrag_tamm.pdf)

Jane Richardson Hawkes: *"Review of Carbon Offsetting Approaches in London"* (2016); Report di ricerca per la National Energy Foundation Britannica. Reperibile presso il link [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla\\_cof\\_approaches\\_study\\_final\\_report\\_july\\_2016.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla_cof_approaches_study_final_report_july_2016.pdf)

Milton Keynes Council's Sustainability Team (Autore preciso anonimo) *"Imagine MK 2050 Strategy, A roadmap for a Sustainable Milton Keynes"* (2015); reperibile al link [www.milton-keynes.gov.uk/MK2050](http://www.milton-keynes.gov.uk/MK2050)

Report finale sul progetto redatto da Energaia, Agência de energia do sul da área metropolitana do Porto: *"Vila D'Este Social Housing Energy Rehabilitation"* (2014), reperibile al link

[http://www.energy-cities.eu/db/Vila-Nova-De-Gaia\\_Refurbishment-social-housins\\_2014\\_en.pdf](http://www.energy-cities.eu/db/Vila-Nova-De-Gaia_Refurbishment-social-housins_2014_en.pdf)

Autore non precisato: “*Notice from the Senate to the Hamburg parliament*” (2013), circolare presentante il piano d’azione per il clima relative alla città di Amburgo. Reperibile presso il link

<http://www.hamburg.de/contentblob/4357530/23474f900f9bf2c0384158f5ee599e03/data/d-20-8493-master-plan-for-climate-protection.pdf>

## Cap. 6, Testi e documenti relativi:

Report di progetto pubblicato da Stadwerke Düsseldorf ); (autorità locale per i servizi municipali) “*Block “Fortuna“, sieht gut aus für Düsseldorf*”(2015); reperibile al link [www.swd-ag.de](http://www.swd-ag.de)

Āris Žīgurs, Aivars Cers, Juris Golunovs, Daniels Turlajs, Sergejs Pļiškačevs :“*Utilization of flue-gas heat in Riga city heat sources*” (2010);. Report finale di progetto, reperibile press il link

[http://www.rea.riga.lv/files/Utilization\\_of\\_flue-gas\\_heat\\_in\\_Riga\\_city\\_heat\\_sources\\_EN.pdf](http://www.rea.riga.lv/files/Utilization_of_flue-gas_heat_in_Riga_city_heat_sources_EN.pdf)

Āris Žīgurs, Normunds Talcis, Egils Dzelzitis, Daniels Turlais, Olegs Linkevics, Aivars Cers, Sergey Pliskachev “*Recovery of the waste heat by large capacity heat pumps for Riga city district heating system Final Project Report*” (2011);. Reperibile al link

[http://www.rea.riga.lv/files/Sustainable%20energy%20project%20\\_2011\\_EN.pdf](http://www.rea.riga.lv/files/Sustainable%20energy%20project%20_2011_EN.pdf)

Autore non precisato: “*la digestione anaerobica di rifiuti e biomasse: rassegna delle potenzialità specifiche di produzione di biogas*”, libretto didattico rilasciato dalla Regione Lombardia relativo allo sfruttamento del biogas da rifiuti. Reperibile al link:

<http://www impiantidicogenerazione.com/docs/potenzialita-produzione-biogas.pdf>

Documento di presentazione di progetto campo eolico redatto da *Windpower Nijmegen*, (2012, in olandese). Reperibile al link:

<http://www.windparknijmegenbetuwe.nl/wp-content/uploads/2013/10/WindpowerNijmegen-offerte-dec.-2012.pdf>

Mike Smith: “*Energy Efficiency: Involving and working with local stakeholders Birmingham District Energy Scheme*” (2011). Documento di presentazione dell’iniziativa, reperibile presso il link:

<http://www.wmemployers.org.uk/media/upload/Cofely%20Energy.pdf>

Simon Woodward: “*Birmingham uses CHP and trigeneration in district energy scheme*” (2011); articolo per la rivista on-line “*Decentralized Energy*”, reperibile presso il link:

<http://www.decentralized-energy.com/articles/print/volume-12/issue-3/features/birmingham-uses-chp-and-trigeneration-in-district-energy-scheme.html>

Andrew Byers: “*Birmingham District Energy Scheme Aston University*” (2016); presentazione pdf dei vantaggi della connessione alla rete di teleriscaldamento; reperibile presso il link:

<http://www.se-forum.co.uk/wp-content/uploads/2017/07/Andrew-Bryers.pdf>

Iain Staffel, Richard Green: “*How does wind farm performance decline with age?*” (2013); in “*Renewable Energy*”; vol. 66, 2014; pag. 775-786. Ed. Soteris Kalogirou, Lemesos (Cipro)

## Cap. 7, Testi e documenti relativi:

Craig Bullock, Finbarr Brereton, Sive Bailey: *"The economic contribution of public bike-share to the sustainability and efficient functioning of cities"* (2017); In *"Sustainable city and societies"* (2017); pag. 76-87, Ed. F. Haghghat, Montréal (Canada)

Maria Björnesson, Jonas Eliasson, Muriel B. Hugosson, Karin Brundell-Freij :*"The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability, lessons learnt"*; (2011); In *Transport Policy* (2012); vol. 20, pag 1-12. Ed. Tao Hoon Oum, Vancouver (Canada)

Jonas Eliasson:*"A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system"* (2009). In *Transportation Research Part A* (2009); pag. 468-480. Ed. J de D. Ortúzar, Santiago (Cile).

Peter Migdley: *"Bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas"* (2011). Articolo online reperibile al link:

[https://sustainabledevelopment.un.org/content/dsd/resources/res\\_pdfs/csd-19/Background-Paper8-P.Midgley-Bicycle.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/dsd/resources/res_pdfs/csd-19/Background-Paper8-P.Midgley-Bicycle.pdf)

Martin König, Alison Conway: *"The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city"*(2016);. In *"Case Studies on Transport Policy"* volume 4; pag. 259-268. Ed. R. Macário, Lisbona (Portogallo)

Esther Anaya Boig, Alberto Castro: *"Balance General de la Bicicleta Pública en España"* (2012, in spagnolo);. Libro disponibile su <https://www.researchgate.net/publication/263587629>

Oded Cats, Yusak O. Susilo, Triin Reimal :*"The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn"* (2016); in *Transportation*,; vol. 44; pagg. 1083-1104. Ed. Kay Axhausen, ETH, Zurigo (Svizzera) Reperibile presso il link <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-016-9695-5>

Piano di sviluppo dei trasporti londinesi, autore non precisato:*"Improving the health of Londoners – Transport action plan"* (2014); reperibile al link

<http://content.tfl.gov.uk/improving-the-health-of-londoners-transport-action-plan.pdf>

Greater London Authority: *"The mayor's climate change mitigation and energy annual report: 2013-2014"* (2015); reperibile presso [www.london.gov.uk](http://www.london.gov.uk)

Alberto Castro Fernández: *"The contribution of bike-sharing to sustainable mobility in Europe"* (2011). Tesi di dottorato discussa presso l'Università di Vienna (Austria). Reperibile presso il link

[https://bicicletapublica.files.wordpress.com/2012/01/dissertation\\_alberto-castro\\_1-1.pdf](https://bicicletapublica.files.wordpress.com/2012/01/dissertation_alberto-castro_1-1.pdf)

Alfredo Drufuca: *"il bike sharing conviene? appunti per un ragionamento sull'impatto economico-finanziario"* (2017). Documento di analisi economica sul Bike sharing, reperibile al link

<http://www.polinomia.it/attachments/article/157/bikesharing.pdf>

Dépliant illustrativo dell'iniziativa , redatto da Nottingham Community Transport: *"Nottingham's Electric Bus Project"* (2016); reperibile al link

<http://www.ct4nottingham.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/Electric-bus-fact-sheet-Oct16-v1.5.pdf>

Autore non precisato, redatto per Transport for London (società di gestione dei trasporti pubblici cittadini): *"Transport for London Budget 2017/18"* (2017) Reperibile presso il link

<http://content.tfl.gov.uk/transport-for-london-budget-2017-18.pdf>

Sono stati consultati i Piani per l’Azione e l’Energia Sostenibile delle seguenti città:

Milano, Torino, Bologna, Firenze, Venezia (IT); Londra, Milton Keynes, Birmingham, Nottingham (UK); Monaco di Baviera, Francoforte sul Meno, Amburgo, Bottrop, Düsseldorf, Bonn (DE); Lisbona, Vila nova do Gaia (PT); Stoccolma, Malmö, Umeå (SE); Gdynia, Varsavia (PL); Málaga, Barcellona, Bilbao, Cadiz, Murcia (ES); Vantaa, Helsinki, Tampere (FI); Tallinn (EE); Riga (LV); Dublino (IE); Parigi (FR); Nijmegen (NL). Tutti questi documenti sono reperibili presso il sito: [http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans\\_en.html](http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.html)

### **Sitografia:**

Sotto ogni immagine è riportato il link presso cui sono stati reperiti tali immagini e i dati a corredo.

Portali di ricerca per articoli accademici e studi:

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Sito di raccolta dati sui consumi energetici mondiali:

<https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

Spiegazione dei risultati dell’accordo di Parigi sul clima:

<https://www.internazionale.it/notizie/2015/12/13/cosa-prevede-l-accordo-sul-clima-approvato-dalla-conferenza-dell-onu-a-parigi>

Sito della Commissione Europea per la definizione degli obiettivi di lotta al cambiamento climatico al 2050:

[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en#tab-0-0)

Sito dell’Eurostat relativo alle statistiche sulle città

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Urban\\_Europe\\_-\\_statistics\\_on\\_cities,\\_towns\\_and\\_suburbs\\_-\\_executive\\_summary](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Urban_Europe_-_statistics_on_cities,_towns_and_suburbs_-_executive_summary)

Sito ufficiale dell’impresa gestione rifiuti di Málaga, pagina relativa all’impianto recupero del biogas (in spagnolo):

<http://www.limasa3.es/tratamiento/planta-de-desgasificacion-y-produccion-de-energia-electrica>

Sito della Federazione Italiana produttori Lane minerali, riportante la tabella di stima di vita utile delle tecnologie di ristrutturazione edilizia ottenuta dal European Building Performance Institute:

[http://www.fivra.it/it/approfondimenti/5\\_valutazione-della-convenienza-e-dell-impatto-economico-dell-isolamento-termo-acustico-degli-edifici](http://www.fivra.it/it/approfondimenti/5_valutazione-della-convenienza-e-dell-impatto-economico-dell-isolamento-termo-acustico-degli-edifici)

Sito ufficiale del progetto “Innovationcity Ruhr” (in tedesco):

<http://www.icruhr.de/index.php?id=133&L=1%27>

Articolo di giornale relativo all’iniziativa “Zukunftshäuser” (in tedesco):

<https://www.waz.de/mediacampus/fuer-schueler/zeus-regional/gelsenkirchen/die-zukunft-in-der-gegenwart-das-rwe-zukunftshaus-id9433257.html>



Sito dell'amministrazione della città di Umeå, pagina relativa ai contratti EPC (in svedese):

<http://www.umea.se/umeakommun/byggaboochmiljo/energi och uppvarmning/arkiv/artiklarenergi/lyckatprojektger485miljonerkroneforinsparingar.5.263c7e731546e5bb3d22694.html>

Mappa di richiesta calore della città di Londra:

<https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/energy/london-heat-map/view-london-heat-map>

Mappa solare creata dalla città di Lisbona

<http://www.lisboaenova.org/en/cartasolarlisboa>