

Ecoefficienza e rebound effect. Modelli di misurazione e determinanti socioculturali

Sintesi dei contenuti della linea di ricerca B

Osman Arrobbio
Giovanna Garrone
Sergio Giaccaria

0. Introduzione.

Nel corrente modello di sviluppo, una delle forme di pressione non sostenibile del sistema socioeconomico sull'ambiente – anzi quella più facilmente riconoscibile più spesso riconosciuta – è quella di un eccesso di prelievo di energia e risorse.

Nella ricerca di soluzioni assumono normalmente un ruolo centrale l'obiettivo della smaterializzazione dell'economia, del delinking (disaccoppiamento) tra prelievi di risorse e output, e quindi di innovazioni (solitamente innovazioni tecnologiche, incorporate in prodotti) tese a una maggiore *efficienza* nell'uso delle risorse (ossia nell'incremento del servizio ottenuto per unità di risorsa consumata).

I miglioramenti di efficienza vengono di norma presentati come senz'altro utili, e necessari, quando non bastevoli a risolvere il problema.

Che quella dell'efficienza sia una strategia ecologicamente efficace è un punto fondamentale delle strategie dell'Unione Europea ed è, più in generale, un punto ampiamente condiviso o, perlomeno, raramente messo in discussione. Tale fatto ha dato e dà luogo a tutto un insieme di pratiche, strumenti e azioni, operanti su diversi livelli: l'Unione Europea stabilisce gli obiettivi, gli Stati agevolano gli investimenti, gli enti territoriali minori approntano piani e programmi, le organizzazioni e associazioni della società civile e le famiglie chiedono vengano create le condizioni affinché i cittadini – e l'efficienza – possano apportare il proprio contributo.

È da tenere in conto però il fenomeno noto come “effetto rimbalzo” (o *rebound effect*, RE nel seguito), per il quale spesso agli incrementi di efficienza nell'uso di una risorsa non segue una corrispondente riduzione nell'effettivo utilizzo di tale risorsa), quando non si verifica addirittura un incremento di consumo (*backfire* o paradosso di Jevons – un RE di oltre il 100%).

Si tratta di un concetto inizialmente e prevalentemente utilizzato nel campo dell'economia delle fonti di energia (qui l'efficienza è misurabile in termini di unità di lavoro utile per unità di combustibile), e si applica a tutti quei casi in cui, a seguito di miglioramenti dell'efficienza in un sistema, si riscontra un divario tra i risparmi di combustibile teoricamente attesi, e quelli effettivi. Diversi meccanismi che possono condurre al verificarsi di tale divario sono stati identificati e definiti, sia nel campo delle attività di consumo che in quelle produttive: la principale distinzione è tra effetti *diretti* (che si verificano nello stesso settore/nella stessa attività in cui si ha incremento di efficienza) o *indiretti* (che si verificano in settori o attività terzi). Nel consumo vi può essere anche un effetto rimbalzo *psicologico* derivante dall'aver appagato in bisogno di agire ecologicamente orientato tramite l'adozione di tecnologia più efficiente. Un ulteriore meccanismo deriva dal fatto che la tecnologia efficiente è di norma incarnata in beni durevoli caratterizzati da un paniere di attributi, tra cui la potenza o la dimensione o la molteplicità di funzioni: parte del RE deriva dal fatto che il bene più efficiente è anche più potente (esempio: automobile a minori emissioni) o presenta possibilità di utilizzo ampliate. (La disponibilità di tecnologia e le sue modalità di utilizzo non sono tra loro indipendenti)

Una strategia che si presenta come alternativa o complementare al perseguimento dell'efficienza è quella incentrata sulla "sufficienza": basata cioè su modifiche delle abitudini d'uso che comprendono:

- l'eliminazione degli sprechi (a parità di servizio ottenuto)
- il contenimento volontario dei consumi - anche al prezzo di riduzioni del servizio ottenuto dalla risorsa.

(Tale distinzione, limpida sul piano logico, ha confini meno definiti sul piano empirico: si può argomentare che vi è da accettare una scomodità - o disutilità - anche nello sforzo per l'eliminazione degli sprechi).

Anche strategie di sufficienza possono in linea di principio generare effetti rimbalzo: una riduzione volontaria dei consumi dovuta alla parsimonia di alcuni aumenta l'offerta di risorse disponibili, riducendone il prezzo. Anche qui, se si verificano significativi effetti sul prezzo, la

Questo filone di ricerca si è dedicato ad approfondire alcuni aspetti collegati al RE e alle implicazioni che derivano dai discorsi che lo riguardano, indagando in particolare il rapporto tra RE e tecnologie di comunicazione e informazione (ICT); nonché ad esplorare, tramite un modello di simulazione ad agenti, le potenzialità ed i limiti di una strategia basata esclusivamente sulla sufficienza, nell'ambito dei consumi elettrici domestici.

1.1 Analisi sociologica del RE.

L'efficacia attesa delle misure finalizzate a ridurre gli impatti ambientali, oltre a derivare dal risultato di misurazioni e stime "ingegneristiche", è anche socialmente costruita. Questo aspetto è particolarmente evidente nel momento in cui la presenza di un'attesa precede la realizzazione delle misure; quando le attese non si basano su dati emersi da misurazioni precedenti; quando le misurazioni non sono possibili se non attraverso cospicue approssimazioni e semplificazioni; quando derivano da una qualche teoria; quando tutti questi casi si presentano insieme.

Ciò che soprattutto attirava il nostro interesse derivava dal fatto che tra gli studiosi del fenomeno fosse possibile rilevare l'esistenza di una netta contrapposizione tra chi lo ritiene un fenomeno di minore importanza e chi, al contrario, ritiene sia possibile individuare nel miglioramento dell'efficienza, la causa principale (o almeno una delle cause) dell'aumento del consumo di materia ed energia. Vi è quindi chi ritiene che il ricorso a soluzioni ambientali basate sull'efficienza potrebbe essere, in alcune circostanze, non solo meno efficace del previsto, ma addirittura controproducente. In letteratura siffatta situazione viene identificata con il termine "backfire". Ciò che viene messo in discussione nelle "teorie del backfire" non è tanto il fatto che uno o più determinati beni più efficienti possano esserlo nelle misure attese, quanto che le politiche e le azioni ecologicamente orientate basate sull'efficienza possano essere efficaci, e che possano essere valide le teorie che le guidano. In questo rapporto non entreremo però nel merito di quanto affermato dai diversi studiosi e non cercheremo di risolvere la dura contrapposizione che li vede coinvolti.

Abbiamo invece cercato, tra le altre cose, di identificare gli effetti perversi delle strategie di diffusione dell'efficienza, e lo abbiamo fatto individuando nelle modalità attraverso le quali le potenzialità dell'efficienza vengono vantate - e i miglioramenti nell'efficienza incentivati - le ragioni che possono contribuire a far sì che le stesse potenzialità dell'efficienza vengano ad essere neutralizzate o controbilanciate.

Una posizione che è stata presa è stata quella di ritenere improbabile che modelli di misurazione dell'effetto rimbalzo sempre più accurati possano, perlomeno nel breve termine, risolvere la contrapposizione di cui sopra. Questa scelta è stata effettuata perché, seppur con limitata frequenza, i dubbi sulle aspettative relative all'eco-efficacia dell'efficienza sono già apparsi, e continueranno

probabilmente ad apparire, anche al di fuori dello specifico e specialistico campo di studi dell'economia energetica.

Ci siamo perciò posti le seguenti domande: quali sono le forme attraverso le quali i discorsi sull'effetto rimbalzo filtrano attraverso le maglie del sapere specialistico? Cosa succede quando attori ecologicamente orientati ne entrano in contatto? Venire a conoscenza dell'effetto rimbalzo e, soprattutto, del backfire può portare ad una rimodulazione del repertorio di azioni ecologiche?

Per rispondere a queste domande si è fatto ricorso ad un'analisi di testi naturali (da giornali ma soprattutto dal web) e alla realizzazione di interviste discorsive e focus group finalizzati prevalentemente ad individuare le strategie di negazione e attribuzione di plausibilità ai meccanismi che, secondo gli studiosi, possono condurre a effetti rimbalzo e a backfire.

1.2 Il caso delle ICT.

Si è deciso poi di concentrare l'attenzione sul caso delle ICT (Information and Communication Technology). Sin dagli albori dell'informatizzazione di massa delle società occidentali sono stati vantati alcuni legami tra le ICT e l'ambiente: dapprima la visione dell'ufficio senza carta (paperless office); poi la riduzione della necessità di spostamenti (telelavoro, teleconferenze, e-business, ecc.); fino a giungere alla più recente tipologia di legame che deriva dall'individuazione delle potenzialità delle ICT di rendere i processi (tutti o quasi) più efficienti, e ciò tramite lo sfruttamento della impressionante capacità di elaborazione di informazioni propria di queste tecnologie, e non solo quindi a causa di un effetto sostituzione come è invece negli altri due casi.

Il settore delle ICT è inoltre caratterizzato dal fatto di essere soggetto a continui e consistenti aumenti nell'efficienza, dalla capacità di pervadere ogni altro settore dell'economia e della società (il che dovrebbe agevolare, secondo alcuni studiosi, la possibilità di backfire), dal fatto di vedere aumentare i propri impatti sull'ambiente a causa della sua sempre maggiore diffusione. Dovremo difatti considerare un particolare processo di feedback positivo che riguarda specificamente il settore delle ICT: man mano che aumenta il numero degli utenti aumenta infatti per il singolo l'utilità di essere parte della rete, in quanto aumenta il numero delle potenziali informazioni/conoscenze che ciascuno può scambiare con gli altri. Questo fa sì che, superata la fase iniziale, la domanda di connessione, e dunque di prodotti ICT, aumenti più che proporzionalmente, stimolando quindi l'innovazione ed alimentando il processo autoaccrescitivo. Nel momento in cui per buona parte dei servizi energetici nelle società occidentali si è giunti ad un punto di saturazione lo stesso non si può dire per quanto riguarda i servizi forniti dalle ICT.

Oltre ad avere avvicinato queste questioni all'interno delle stesse interviste discorsive di cui sopra, si è proceduto ad estendere il modello "stock e flussi" introdotto da Georgescu-Roegen all'inizio degli anni Settanta nell'ambito della teoria della produzione, al più vasto contesto relativo alla sostenibilità dei processi (fisici, biologici e sociali) con una sua applicazione ad un caso particolare: quello appunto delle ICT.

Questo ci ha portato ad affrontare alcune questioni epistemologiche fondamentali relative alla sostenibilità, che se da un lato riprendono le intuizioni seminali introdotte da Georgescu-Roegen dall'altro varcano una soglia che egli non si azzardò a sorpassare, giungendo a quello che potremmo definire un approccio compiutamente sistemico, ispirato alla scienza della complessità.

Ciò che caratterizza il modello "stock e flussi" è la capacità di mettere a fuoco la distinzione tra ciò che permane, o che si desidera venga preservato (gli stocks) e ciò che, viceversa, si trasforma continuamente nel corso del tempo (i flussi). In estrema sintesi potremmo dire che nel delicato e sempre mutevole equilibrio tra stocks e flussi si celano alcune delle risposte fondamentali alla domanda circa se, e a quali condizioni, un processo può essere considerato, o meno, sostenibile. I flussi che

siamo andati a considerare sono quattro: il flusso di energia in input necessario ad alimentare il sistema ICT, il flusso di materiali in input, il flusso di rifiuti in output, composto sia da CO₂ che da altri tipi di materiali, oltre naturalmente ai “servizi” di comunicazione e informazione offerti dal sistema ai propri utenti.

1.3 Risultati e spunti per la discussione.

L'Unione Europea ha iniziato, seppur solo recentemente ad interessarsi del RE. Nella Comunicazione della Commissione Europea “Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse” si individua la necessità di anticipare e tenere conto dell'effetto rimbalzo nell'elaborazione delle politiche e nella fissazione degli obiettivi. Occorre che le istituzioni attuanti piani per l'efficienza tengano conto di questa prima indicazione generica e inizino a tenere in conto almeno i possibili effetti rimbalzo diretti.

Gli attori coinvolti nella strategia dell'efficienza possono pubblicizzarla e incentivarla (anche economicamente si intende) solo adottando più consistenti cautele. Per quanto possa suonare paradossale affinché l'efficienza sia efficace in termini ambientali occorre non vantarne troppo l'efficacia. Questo punto ci porta alla necessità di porre una maggiore attenzione sulla comunicazione ambientale e, più nello specifico, di quella comunicazione ambientale (da qualunque parte questa provenga) finalizzata ad incentivare i consumi sostenibili.

L'effetto rimbalzo non è una semplice curiosità più o meno sfiziosa che è possibile conoscere oppure no. Si tratta di un argomento centrale, che mette in luce le conseguenze sistemiche dell'agire ecologicamente orientato e la cui conoscenza approfondita può influire sulla volontà di mutare il repertorio di azioni ecologiche. Allo stesso tempo occorre però che il repertorio sia modificabile. Fra le soluzioni individuate dagli studiosi per ridurre (o impedire) l'effetto rimbalzo vi è il ricorso a sistemi di tassazione o alla introduzione di sistemi di contingentamento/quote. La richiesta di tali soluzioni da parte dei cittadini potrà anche derivare dalla messa in luce del fatto che le misure dirette ed individuali, che siano basate sull'efficienza o sulla sufficienza, possono non essere sufficienti ad impedire il verificarsi di effetti rimbalzo.

Nonostante la (o a causa della) imponente velocità di diffusione delle ICT nelle nostre società il rapporto tra le ICT e l'ambiente non è presidiato da riflessioni condivise ed approfondite. L'effetto rimbalzo ci permette proprio di dubitare della validità del legame vantato tra ICT e ambiente. Una riflessione sul governo degli impatti ambientali delle ICT non è più procrastinabile. Lo stesso ragionamento in realtà dovrebbe valere per tutti gli altri tipi di impatti (quindi non solo quelli ambientali). Si ritiene perciò necessaria una riflessione sul governo degli impatti ambientali delle ICT che dovrà essere presidiata dalle autorità pubbliche così come dagli stessi movimenti ambientalisti.

Tra le definizioni disponibili di RE, quella che riteniamo più appropriata è quella che definisce l'effetto rimbalzo come tutto l'insieme degli effetti del progresso tecnico, organizzativo e sociale che incrementano l'efficienza dell'economia e creano spazio per un maggior consumo (Sanne, 2003).

Questa definizione permette di far chiarezza su di un importante aspetto: i miglioramenti nell'efficienza non portano inevitabilmente, immediatamente o direttamente all'aumento del consumo, ma portano – questo sì - alla possibilità di aumentarlo. E ciò può avvenire qui e ora, oppure altrove e a distanza di tempo. A differenza di quanto consegue ad alcune interpretazioni delle teorie del backfire, agire a monte non significa quindi rinunciare ad incrementare l'efficienza, bensì contenere lo spazio per il consumo.

Uno dei modi attraverso cui ciò può avvenire, identificato dagli stessi individui intervistati, è tramite il ricorso a soluzioni basate sulla sufficienza cioè al risparmio, o alla conservazione energetica.

2.1 I consumi elettrici domestici.

L'analisi sociologica del RE pone l'accento sulle modalità con cui si strutturano le aspettative degli individui in merito alla possibilità di risolvere, attraverso il ricorso all'innovazione tecnologica, questioni ambientali (la prima e più globale fra tutte è il cambiamento climatico). La letteratura economica propone in massima parte una serie di interpretazioni del RE basate sull'individualismo metodologico (spiegazioni di come si rimodulano a livello di singolo consumatore o singola impresa i profili di consumo energetico a seguito di un incremento di efficienza).

Una serie di lavori teorici hanno contribuito, attraverso interpretazioni neoclassiche del fenomeno, a spiegare l'esistenza di una divergenza tra risparmi potenziali ed effettivi, mostrando la *potenziale* contro-efficacia ambientale del ricorso all'innovazione tecnologica (il che porrebbe in questione l'opportunità stessa di finanziare politiche di incentivo all'innovazione ed efficienza energetica) (Jevons, 1865; Saunders, 1992). Determinare l'entità del RE nei casi reali e la possibilità che si verifichi un effettivo backfire è un compito affidato ad analisi empiriche. Dal momento che il RE si manifesta come un incremento del consumo, o di divergenza tra risparmi potenziali ed effettivi, valutarne la dimensione, o la presenza di backfire non è possibile osservando la sola intensità energetica del PIL: è teoricamente possibile osservare intensità energetiche del PIL decrescenti anche in presenza di backfire (Saunders, 2000).

La nostra analisi qui si è invece rivolta al ruolo potenziale di strategie alternative (o complementari) a quelle di efficienza, applicate al contesto dei consumi energetici e più specificamente quelli di energia elettrica del settore residenziale.

Nell'ambito dei consumi elettrici domestici, infatti, le strategie per il risparmio energetico e quindi per il contenimento dei connessi impatti ambientali sono incentrate principalmente su:

- stimolo all'aumento dell'efficienza energetica, ossia la possibilità di ottenere più servizi (ad es: gradi di raffrescamento, giri del frullatore, luminosità...) per unità di energia (watt)
- policy di incentivo alla sostituzione di apparecchiature con altre più efficienti.

Tale enfasi sull'efficienza nell'uso delle apparecchiature tende ad oscurare due cose:

- da un lato la rilevanza dei consumi di materia ed energia connessi alla costruzione e allo smantellamento del prodotto, ossia alla rilevanza dell'intero ciclo di vita del prodotto (LCA)
- dall'altro, appunto, il ruolo delle strategie di sufficienza, e con esse la rilevanza della costruzione sociale dei bisogni da soddisfare (e dunque del livello di consumo energetico desiderato)

I nostri obiettivi sono:

- a) quantificare i margini di conservazione energetica ottenibili con incentivi non economici, ossia attraverso modifiche comportamentali (ossia senza variazioni significative di costi di investimento e operativi),
- b) indagare le determinanti relative a tali scelte, che si ritengono condizionate da condizioni di mercato (prezzi), dalla presenza di politiche mirate, dall'informazione veicolata anche dalle interazioni sociali.

Nei termini dell'analisi neoclassica (agenti atomistici, perfettamente informati ed ottimizzanti) la scelta del livello dei consumi energetici avviene sulla base del raffronto tra costi e benefici, rappresentati rispettivamente dal prezzo di vendita dell'elettricità e dalla propria curva di domanda (disponibilità a pagare).

Ma vi sono diversi elementi che concorrono ad allontanare il tipo di consumo in questione dall'applicazione soddisfacente di tale modello:

- L'opacità del prezzo: la maggior parte delle persone non conosce il prezzo di un kwh.

- L'opacità dei propri consumi effettivi: la tariffazione è posticipata ed aggregata rispetto alle diverse attività energivore.
- La domanda di elettricità è una domanda derivata (dalla domanda di servizi energetici)
- Quest'ultima è un costrutto sociale.
- La consapevolezza o meno di impatti ambientali dai propri stili di vita può tradursi in un costo sociale da aggiungersi al prezzo (percepito) di un kwh.

In questo contesto, si è scelto di utilizzare come metodo di indagine un modello di simulazione ad agenti, in quanto tale metodologia consente di tenere conto di due dimensioni trascurate nell'analisi economica tradizionale ma che riteniamo importanti nel fenomeno in oggetto:

- l'eterogeneità degli agenti
- la rilevanza dell'interazione sociale.

Come descritto nel par 2.4, forti elementi di realismo sono forniti alla simulazione da dati ISTAT.

Il modello consente poi di simulare l'effetto di diversi scenari di policy e di effettuare analisi di sensitività sulle impostazioni non supportate da evidenza empirica (ad esempio i parametri che modellano l'interazione sociale, le motivazioni, gli effetti imitativi).

2.2 Barriere e spinte al cambiamento di abitudini comportamentali.

Nel cambiamento "virtuoso" (ossia orientato alla conservazione energetica) di abitudini nel campo dei consumi energetici domestici si intrecciano, pur senza essere distinguibili sul piano dei comportamenti osservati, due moventi tra loro molto differenti:

- a) un mero interesse per il risparmio economico finanziario
- b) l'intenzione di ri-orientare il proprio utilizzo di energia sulla base di preoccupazioni relative alla sostenibilità ambientale

(Nel modello di simulazione i due non saranno distinguibili).

Il perseguimento della finalità a) potrebbe apparire una questione banale, se è postulata la razionalità dei consumatori. L'obiettivo sub b) si può invece inserire nel quadro, sicuramente più complesso, delle determinanti e nei meccanismi che guidano più in generale la conversione in senso *green* del proprio stile di vita.

È evidente che la finalità "ecologica" presuppone una conoscenza dei (o un immaginario relativo ai) legami tra i propri consumi energetici e i connessi problemi ambientali: dal cambiamento climatico all'esauribilità delle risorse fossili ai costi ambientali di varia natura (paesaggistici, ecosistemici, di sottrazione di terreni alla produzione agroalimentare) causati allo sfruttamento di energie rinnovabili.

In realtà entrambe le finalità richiedono una base informativa che non è affatto scontata, relativa a:

- i. costi effettivi (nel *business as usual*) dei consumi connessi alle diverse funzioni da soddisfare (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, pulizia, cottura e preparazione cibi etc)
- ii. azioni da intraprendere sulle diverse apparecchiature (funzioni) per ridurre i consumi
- iii. margini di risparmio energetico effettivamente ottenibili (quindi rilevanza delle azioni) a tecnologia (apparecchiature) invariata
- iv. potenzialità di risparmio ottenibili con "investimento" in sostituzione delle apparecchiature

Già solo per quanto riguarda il punto i. una conoscenza adeguata richiede un monitoraggio ad hoc tramite misuratori, in assenza della quale per la maggior parte dei consumatori è in realtà persino difficile conoscere e valutare correttamente i propri consumi complessivi.

Mentre non v'è quindi dubbio che la diffusione di informazione e conoscenza (nelle varie accezioni) sia una componente essenziale delle policy necessarie ad una transizione verso stili di vita meno *energy-intensive*, occorre domandarsi in che misura essa sia efficace, e quale sia la rilevanza delle diverse modalità di tale: campagne informative universalistiche o mirate, esperienze dirette o indirette, coinvolgimento comunitario, canali informali e imitazione all'interno di gruppi di riferimento...

La letteratura sulle determinanti dei comportamenti pro-ambientali rivela che l'impatto di campagne di educazione basate sulla fornitura di informazione scientifica è deludente (Kollmuss e Agyeman 2002). L'interpretazione del sapere scientifico è mediata da esperienze personali e da valori sociali (Lorenzoni et al 2007).

In generale si evidenzia un gap significativo tra informazione e coscienza ambientale da un lato, e comportamenti dall'altro. Diversi modelli sono stati proposti dalla letteratura psicologica e sociologica per spiegare il fallimento da quello "ingenuo" che prevedeva un legame lineare e diretto tra conoscenza e orientamento (*attitude*) e tra orientamento e comportamenti.

Rinviando ad altra sede una rassegna strutturata, elenchiamo alcuni tra i numerosi elementi che si possono interporre tra nozione e azione, a grandi linee elencati a partire dalla dimensione più esterna o sociale verso quella più individuale:

- Fattori istituzionali e possibilità effettiva di agire ecologicamente (infrastrutture fisiche e sociali)
- Rilevanza delle norme sociali, delle tradizioni familiari e culturali
- Vincoli ed incentivi economici (importanti ma non esaustivi nello spiegare i comportamenti)
- Informazione sui problemi: maggiore influenza delle esperienze dirette sulle esperienze indirette
- Consapevolezza ambientale – coscienza dell'impatto umano sul pianeta: ridotta da limiti cognitivi, legati a scarsa immediatezza delle conseguenze dei problemi ambientali o a casi di degrado lento e graduale.
- Importanza del "locus of control": percezione della rilevanza dei propri comportamenti, dell'effettiva possibilità di fare una differenza
- Conflitto della motivazione ambientale con altre priorità ritenute più forti (esempio scelta di viaggiare in aereo per visitare i parenti, ma forse estendibile anche al desiderio di mantenere certi pattern di consumo a cui è legata la percezione dello status sociale)
- Rilevanza della dimensione psicologica: da un lato necessità di un coinvolgimento anche emotivo e non solo razionale/cognitivo nei problemi in questione, dall'altro reazioni difensive sotto forma di negazione, oppure all'opposto di rassegnazione e/o delega (effetto "goccia nel mare", irrilevanza dei comportamenti individuali, o convinzione che tocchi ad altri farsene carico).

Una delle interpretazioni avanzate per spiegare i suddetti gap è la teoria di costi comportamentali avanzata da Diekmann e Preisendörfer (2003) secondo cui l'impatto degli orientamenti sui comportamenti è più significativo se i costi comportamentali legati alla modifica del comportamento sono bassi (ad es: spegnere la luce uscendo dalla stanza), mentre diventa meno rilevante (e aumenta quindi il gap tra valori e comportamenti) nei casi in cui i costi comportamentali sono alti (ad es: le scelte di mobilità) e prevale quindi una scelta di tipo razionale classico. Un altro aspetto messo in evidenza da Diekmann e Preisendörfer è come le azioni ambientali a basso costo comportamentale (tipicamente, la raccolta differenziata) vengono usate anche per "mettersi a posto la coscienza" evitando di intraprendere azioni o più onerose, ingenerando pertanto un "RE psicologico".

Molta parte dei nostri consumi sono dettati da standard sociali, e questo è valido sia per il livello di aspirazione in merito al del bisogno finale da soddisfare (ad es: lo standard sociale di pulizia degli abiti influenza il nostro utilizzo della lavatrice) sia per lo stile di vita più o meno *environment-friendly* e quindi l'attenzione ai consumi energetici (una forma di "bene" che si acquisisce attraverso la sufficienza è la soddisfazione morale).

2.3 Modelli ad agenti ed analisi di scenario.

L'approfondimento realizzato attraverso strumenti di analisi empirica come interviste in profondità permette di far emergere tratti e determinanti qualitative dei comportamenti di consumo. In questa seconda parte, attorno al tema delle policy basate sul concetto di risparmio energetico proponiamo di integrare elementi di carattere qualitativo e quantitativo, con l'obiettivo principale di individuare, attraverso un approccio simulativo, quali siano i margini, cioè gli impatti che possiamo ragionevolmente aspettarci da iniziative e incentivi che non puntano sull'efficienza energetica, ma piuttosto sulla conservazione dell'energia.

Il lavoro di indagine e rassegna della letteratura preliminare è partito da casi di valutazione ex post di politiche mirate alla razionalizzazione dei consumi elettrici attraverso stimoli informativi e forme di autoapprendimento attraverso cui i consumatori riorientano verso una riduzione dei consumi, producendo senza far ricorso ad un cambio di tecnologia (quindi a parità di efficienza tecnica, ma con una migliore efficienza nell'utilizzo) un servizio di conservazione energetica.

Abbiamo assunto che la conservazione dell'energia possa quindi avvenire sia come una tendenza spontanea dettata da motivazioni altruistiche e utilitaristiche, da una maggiore conoscenza dei livelli di consumo delle proprie apparecchiature, ed anche come reazione imitativa al contesto culturale e sociale all'interno del quale gli individui strutturano (e cambiano) la percezione dei propri bisogni e quindi le proprie preferenze.

L'approccio della modellazione ad agenti è stato scelto proprio perché consente di introdurre e definire in senso astratto relazioni e regole comportamentali degli agenti economici, consentendo di trattare l'eterogeneità, ed introducendo l'interazione tra individui (famiglie) e contesto istituzionale, o l'interazione con l'ambiente. che può essere formalizzabile attraverso operatori logici ed equazioni.

Secondo la classificazione di Gabbriellini (2011) se

- le formule che descrivono le componenti del processo sociale oggetto della simulazione possono essere scritte e risolte ex ante, il modello ad agenti è inteso come strumento di calcolo, utilizzato per presentare dei risultati;
- se possono essere scritte ma risolte attraverso approssimazioni numeriche, la simulazione ad agenti è utilizzata in modo analogo a quanto accade per il metodo Montecarlo, che cerca di osservare le distribuzioni delle realizzazioni numeriche di un insieme di relazioni
- se possono essere definite ex ante, ma non possono essere completamente risolte allora la simulazione ad agenti è uno strumento di analisi che offre la possibilità di esplorare le dinamiche del sistema
- se non possono essere scritte ex ante, è l'unico modo di trattare il problema attraverso un approccio quantitativo.

In questo caso specifico, le simulazioni che presentiamo si collocano probabilmente a cavallo tra la prima e la terza di queste impostazioni.

2.3.1 Struttura del modello.

Gli agenti della nostra simulazione rappresentano famiglie i cui membri riescono a mettere in atto solo parzialmente un comportamento ottimizzante nella scelta delle quantità di energia elettrica da destinare a servizi energetici in ambito domestico. La razionalizzazione dei consumi, intesa come riduzione di sprechi e anche come riorganizzazione nel modo d'uso delle apparecchiature viene qui intesa come il frutto di un vero e proprio lavoro, equivalente alla produzione di un servizio di conservazione energetica, che il nucleo familiare potrebbe acquistare all'esterno (attraverso tecnologie) o svolgere autonomamente a tecnologia costante. In questo secondo caso, nel modello gli agenti ottengono un certo livello di risparmio energetico in funzione

- a) della composizione del set di tecnologie, cioè del parco di elettrodomestici (vincolo ai risparmi potenziali);
- b) della presenza di costi comportamentali, cioè della scomodità e dello sforzo richiesto anche solo dal prestare maggiore attenzione alle modalità di utilizzo delle apparecchiature, o nello scegliere e sperimentare un uso diverso da quello a cui si è abituati; questi costi comportamentali sono soggettivamente variabili a seconda del tipo di elettrodomestico (servizio energetico) e presentano valori eterogenei tra le famiglie;
- c) di una base motivazionale, cioè l'intenzione, l'aspirazione adattare risparmio energetico modificando il proprio profilo di consumo, un concetto composito che riassume in sé una varietà di elementi diversi, che includono considerazioni di carattere utilitaristico come altruistico, le attitudini verso comportamenti a favore dell'ambiente o considerazioni di carattere etico, la percezione delle idee o dei comportamenti altrui;
- d) di effetti di apprendimento, cioè lo sviluppo graduale di una capacità crescente di tradurre l'intenzione (motivazione) in azione concreta.

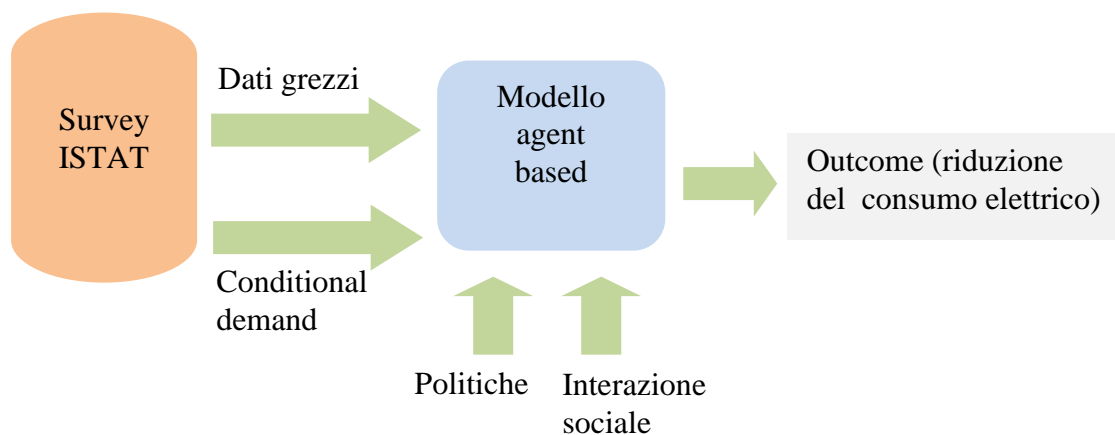


Figura 1: Schema delle diverse componenti (input ed output) del modello ad agenti

Allo scopo di attribuire elementi di realismo agli agenti nel modello, la composizione dei nuclei familiari, la dimensione dell'abitazione, la composizione del parco di elettrodomestici e i consumi elettrici così come la spesa complessiva mensile del nucleo familiare è quella del campione di famiglie dell'indagine ISTAT sui Consumi delle famiglie 2009: ogni agente eredita le caratteristiche campionarie per inserire dei tratti realistici di eterogeneità in queste variabili.

E' stata inoltre stimata la struttura della spesa familiare per energia elettrica, attribuendo ad ogni diversa appliance posseduta dal nucleo familiare, attraverso una analisi econometrica (conditional demand, secondo l'approccio proposto da Parti e Parti, 1980).

2.3.2 Interazione tra agenti.

Chi sono gli Agenti: 23005 nuclei familiari cui vengono attribuite le caratteristiche delle famiglie che compongono il campione ISTAT dell'Indagine sui consumi delle famiglie, anno 2009. L'edizione 2009 dell'indagine è stata scelta in base ad un maggior livello di dettaglio sul possesso di elettrodomestici, e della spesa per la fornitura di elettricità

Interazione sociale: le famiglie vengono poste in rete. Nel modello appaiono quindi collegate da link, che rappresentano relazioni interpersonale dirette. La struttura della rete che abbiamo adottato è di tipo

small-world. Gli agenti (membri del nucleo familiare) tendono in questo caso a costruire relazioni con altri agenti più simili a loro per reddito, livello di istruzione o numero di componenti del nucleo familiare (nel modello queste relazioni vengono indicate come *close-links*), e in minor misura si relazionano in modo casuale con altri, non rispettando questo criterio di omofilia (*random-links*). I due parametri close e random-link nel modello determinano la numerosità di relazioni personali omofile e non. Nelle figure 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f sono illustrati esempi di reti sociali, strutturate secondo un crescente livello di connettività.

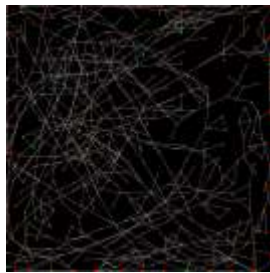


Figura 2a
Close-link = 1.0
Random-link=0.1



Figura 2b
Close-link = 2.0
Random-link=0.1

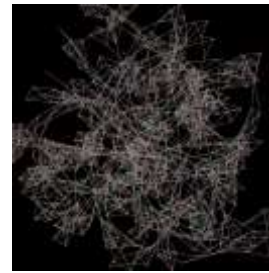


Figura 2c
Close-link = 3.0
Random-link=0.1



Figura 2d
Close-link = 4.0
Random-link=0.1



Figura 2e
Close-link = 5.0
Random-link=0.1



Figura 2f
Close-link = 6.0
Random-link=0.1

2.3.3 Regole comportamentali.

Gli agenti, come accennato, hanno un controllo parziale ed imperfetto sulle quantità di energia che consumano. Il livello di risparmio energetico viene inteso come frutto di una attività di razionalizzazione e controllo. Nella [1] questa attività di risparmio energetico viene espressa in forma di servizio che la famiglia produce per se, il cui livello dipende da alcuni fattori:

- la *motivazione* è l'intensità dell'intenzione ad agire, nel senso più ampio;
- i *costi comportamentali* (cioè la scomodità, le barriere che riducono la portata del risultato);
- soglie specifiche di *risparmio potenziale*, determinate dalla composizione del parco di elettrodomestici, dalla dimensione dell'abitazione e dal numero di componenti del nucleo familiare;
- la presenza di effetti di apprendimento.

Secondo le teorie psicologiche e sociologiche che spiegano le modalità secondo cui gli individui intraprendono azioni a favore dell'ambiente o di altre cause meritevoli, sono numerosi i possibili fattori determinanti della motivazione: attitudini, convinzioni, la conoscenza diretta degli effetti delle proprie azioni, la percezione di poter realmente incidere sul problema. Anziché formalizzare i nessi causali tra queste determinanti, o assumere una funzione di utilità tipica delle teorie sul comportamento del consumatore, si è preferito adottare una formalizzazione matematica ibrida. La motivazione è quindi una unica variabile, indicatore che rappresenta in senso cumulativo sia l'interesse ai vantaggi finanziari del risparmio energetico che l'intenzione di ridurre l'impatto ambientale dei propri consumi elettrici, e le possibili altre determinanti come il conformismo a norme sociali e culturali.

Allo scopo di modellare un certo livello di eterogeneità tra le famiglie, a ciascun agente è stato attribuito un livello iniziale di motivazione, diversificato in base ad una distribuzione uniforme su un intervallo tra 0 e 3. Il secondo fattore che entra nella funzione di conservazione energetica sono i costi comportamentali (Diekmann e Preisendorfer, 2003) che rappresentano la difficoltà, la scomodità nel modificare abitudini d'uso di specifiche apparecchiature. La motivazione della famiglia i (m_i) e costi comportamentali di i per ogni singolo elettrodomestico j (c_{ij}) determinano il livello di risparmio energetico (P_{ij}), che per ogni elettrodomestico, secondo la formula [1] può arrivare ad una soglia limite determinata in base ai risultati della analisi conditional demand¹.

$$[1] \quad P_{ij} = \sum_1^J a_j \cdot S_j \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-c_{ij} + \beta m_i}} \right) + \varepsilon_{ij}$$

La simulazione consiste nel succedersi di una serie di periodi (mensilità) durante i quali gli agenti, sottoposti ad interazione sociale, all'azione di policy, o attivamente coinvolti all'interno di iniziative specifiche, cambiano il livello di queste variabili, rendendo così una dinamica temporale del risparmio energetico.

2.4 Politiche ed iniziative per il risparmio energetico.

Nel considerare che il modello ad agenti possa trovare un'utilità come simulatore di policy per il risparmio energetico, abbiamo fatto riferimento in particolare ad alcuni studi che valutano gli strumenti di incentivo non economico.

In particolar modo, Alcott (2011) valuta l'impatto di incentivi al risparmio energetico in ambito domestico basati sull'introduzione di informazioni all'interno della bolletta di una grande compagnia elettrica statunitense (OPOWER). L'iniziativa, che secondo lo studio ha fruttato una riduzione media del 2% dei consumi elettrici, consisteva in un trattamento che aggiunge ai consueti dati sulla fatturazione dei consumi, un messaggio di carattere descrittivo e normativo, oltre ad alcuni consigli su come ottenere risparmio energetico. Allo scopo di valutare l'effetto della policy, sono stati realizzati trattamenti differenziati, utilizzando campioni di trattamento e di controllo, e i risultati dello studio sono validati da una dimensione campionaria considerevole (circa 600.000 famiglie). Lo studio testimonia quindi l'esistenza di una tendenza dei consumatori ad attuare strategie di risparmio in conformità a ciò che fanno i più parsimoniosi, e alla descrizione del livello medio (*descriptive norms*), e reagendo a stimoli di incoraggiamento/monito (*injunctive norms*). Un ulteriore studio mostra come un ruolo specifico sia giocato proprio dagli *injunctive norms*, che stimola forme di incoraggiamento che rinforzano il risultato. Nella figura 3 riportiamo alcune parti estratte dalla bolletta OPOWER, che mostrano più chiaramente ciò che nel seguito del testo indichiamo come *injunctive* e *descriptive norms* (I&D). Cercando di riportare questa policy al meccanismo decisionale degli agenti introdotto al paragrafo precedente, è ragionevole assumere, in base all'evidenza empirica, che la presenza di un trattamento I&D amplifica la motivazione delle famiglie, in base ad una reazione sia di carattere imitativo e di norma sociale, non strutturata e veicolata da relazioni interpersonali.

¹ In questo caso, i risultati della conditional demand identificano una distribuzione di valori per il consumo di ogni. Per identificare un valore del risparmio potenziale massimo abbiamo utilizzato un criterio statistico. Attorno alla stima dei parametri della analisi conditional demand (il punto centrale dell'intervallo) identifichiamo l'errore standard come ampiezza che rappresenta una variazione limitata. In questo senso la scelta fatta è prudenziale: cambiamenti comportamentali (o tecnologici) consentirebbero di superare; l'impostazione scelta è quella di assumere tecnologia costante e, almeno inizialmente, una soglia di risparmio potenziale prudenzialmente ridotta. Inoltre, il criterio per dimensionare

Il secondo tipo di iniziativa implica invece la presenza di un'interazione diretta tra gli agenti, che li metta in grado di mettere in atto meccanismi di carattere imitativo e di apprendimento, informandoli sulle buone pratiche e le modalità di utilizzo di altri. Pensando a gruppi di famiglie che appartengono ai gruppi di acquisto solidale (GAS) o ai bilanci di giustizia, abbiamo esempi di come questo tipo di interazione e di scambio su una dimensione collettiva avvenga già su base volontaristica. Un esempio ulteriore è dato dai casi di incentivo (questa volta economico) come i certificati di risparmio ed efficienza energetica (In Italia i *certificati bianchi*) che le singole famiglie di norma non potrebbero far valere per il riconoscimento, ma possibile attraverso un'opera di coordinamento da parte di imprese, le ESCO (Energy Service Companies). Tra queste, AzzeroCO2 ha scelto di coordinare gruppi di famiglie, certificando i risparmi energetici conseguiti, che vengono remunerati dai grandi distributori di elettricità su cui ricade l'obbligo di finanziare programmi di risparmio energetico. Bilanci di giustizia, GAS, e queste altre iniziative, volontaristiche o meno, sono community based, nel senso che vengono influenzate in modo più marcato dalla presenza di una dimensione collettiva, che amplifica il livello di interdipendenza delle motivazioni. Per semplicità, indicheremo nel seguito queste tipologie di iniziativa con il termine community based. Le famiglie che vi aderiscono riconoscono in modo più esplicito e spontaneo l'esigenza di ridurre i propri consumi di elettricità.

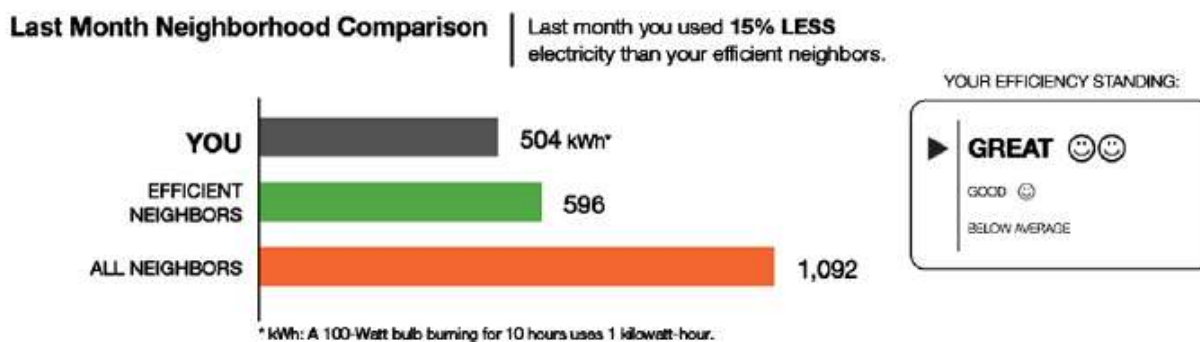


Figura 3a: La bolletta OPOWER dà al consumatore la possibilità di operare un confronto tra i suoi consumi (in nero), in una comparazione sociale complessiva (in rosso, la media dei consumi nella zona geografica di appartenenza) e (in verde), la media dei consumi del 20% dei più parsimoniosi della zona. Sulla destra, gli smile che incoraggiano o ammoniscono (fonte: Allcott, 2011).

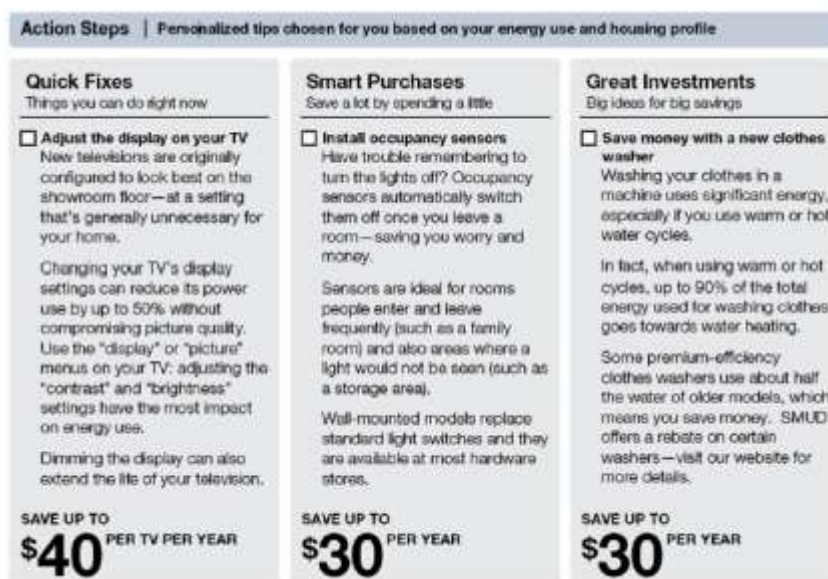


Fig. 2. Home energy reports: action steps module.

Figura 3b: I consigli per il risparmio energetico contenuti nella bolletta OPOWER (fonte: Allcott, 2011).

2.5 Le fasi della simulazione

Il programma realizzato prevede una sequenza di azioni che gli agenti seguono iterativamente, per un totale di 24 cicli (mesi) includendo, in ordine:

- a) una inizializzazione, che definisce dei valori di partenza del livello di conservazione energetica (risparmio) di ogni famiglia, che corrisponde alla situazione baseline in assenza di politiche o comunque di riorientamenti del comportamento di consumo;
- b) la costruzione della rete di relazioni sociali, secondo due strutture di base: una è quella che avremmo nel caso della policy universalistica I&D, e una seconda nel caso in cui esiste un gruppo che aderisce al programma community based (esempi in figura 4a e 4b);
- c) l'interazione, attraverso cui gli agenti acquisiscono informazioni da altri agenti o dalla compagnia elettrica;
- d) l'aggiornamento dei livelli delle variabili: in questa versione del modello, per semplicità di interpretazione ci focalizziamo sulla motivazione, che viene aggiornata in funzione a dei parametri di sensibilità alla policy I&D e/o a quella community based (in pratica, la probabilità di incrementare la propria motivazione).
- e) il calcolo dei livelli di conservazione energetica in funzione dei parametri aggiornati, e il calcolo del consumo dei singoli agenti del consumo aggregato;
- f) il report del risultato.

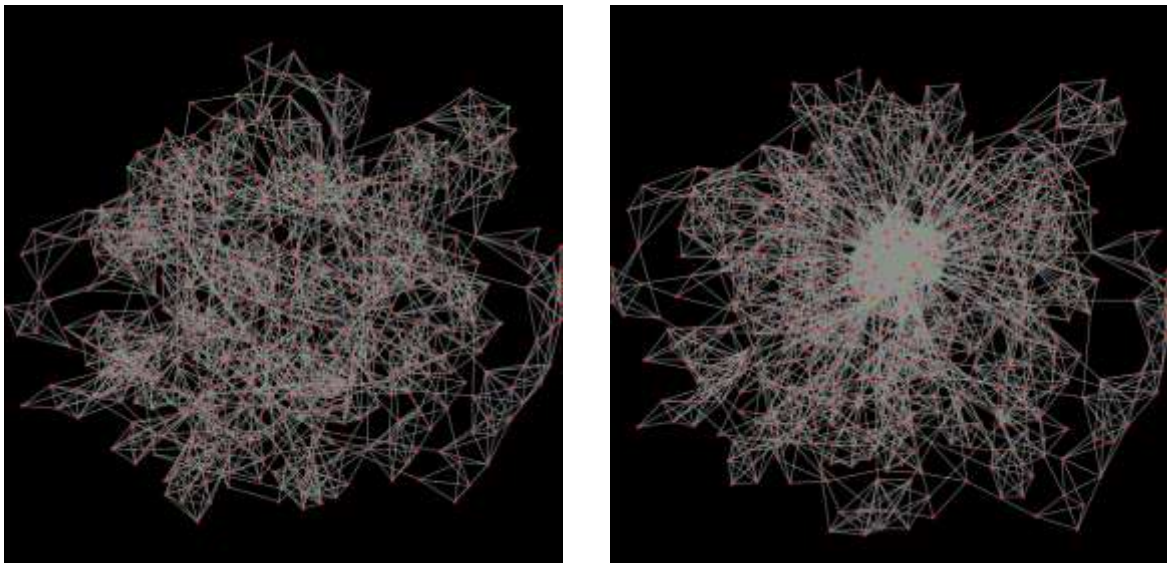


Figura 4a e 4b: A sinistra (4a), la struttura della rete sociale include tutte le famiglie, per simulare la policy I&D. All'interno di questa struttura, una certa quota di famiglie (punti in verde) sono quelle che aderiscono alla policy community based. Nella struttura a destra, nuove connessioni si stabiliscono tra le famiglie green, che si spostano al centro della rete solo per una scelta di visualizzazione che avvicina gli agenti maggiormente collegati da relazioni.

2.6 I risultati di base

La policy basata sulla distribuzione di bollette con injunctive e descriptive norms comporta un trattamento che, più che incidere sui costi comportamentali, genera un incremento della motivazione, tanto maggiore quanto i consumi del nucleo familiare si distanziano da quelli dei propri vicini efficienti. Il fatto che le famiglie possono rispondere in modo differenziato, è stato implementato attribuendo un parametro di sensibilità al messaggio I&D che è una soglia massima: nell'aggiornamento (fase d) la variazione di motivazione dipende, come accennato, dalla distanza dai "migliori" (o, alternativamente, la posizione relativamente alla media dei vicini) e da un valore della sensibilità scelto all'interno di una distribuzione uniforme nell'intervallo tra 0 e la sensibilità massima I&D.

Nel caso della policy I&D, la composizione del gruppo di “vicini” è esogena, dipende cioè da scelte della compagnia elettrica e non dalla famiglia, (cioè dalle relazioni che la famiglia sceglie di coltivare). Nel nostro caso, partendo da un insieme di 600 famiglie (che potrebbero corrispondere ad un isolato del quartiere San Salvario come ad un piccolo paese, il modello è stato inizialmente calibrato, cercando di determinare quale sia il valore del parametro sensibilità alla policy I&D che permette di ottenere attraverso la simulazione ciò che è stato empiricamente osservato attraverso lo studio sulla campagna OPOWER (cioè un risparmio medio del 2% sui livelli di consumo precedenti). Nel grafico 1, possiamo osservare le variazioni del risultato delle simulazioni (la percentuale di riduzione del consumo elettrico), per valori crescenti della sensitività massima alla policy (serie in blu). In rosso viene invece riportato l’impatto baseline stimato da Alcott. Il valore di 0,095 è quello che permette di riprodurre l’esito osservato da questa policy. Come accennato, qui il risultato non è sensibile all’intensità locale di interazione sociale. Non si può certo escludere che famiglie che hanno un maggior livello di relazione rispondano in modo diverso rispetto a persone isolate, ma in ogni caso questo può incidere su come il contenuto del messaggio in bolletta viene interpretato e “metabolizzato”, non sul contenuto, di per se veicolato attraverso la bolletta, che è neutrale rispetto alla quantità o qualità delle relazioni sociali. Nella simulazione della policy basata su I&D norms, benchè gli agenti siano immersi in una rete, abbiamo assunto che non vi siano variazioni nella funzione di conservazione energetica indotte da vicini di rete. Questo invece accade nel caso delle iniziative community-based.

Grafico 1: Calibrazione del modello nel caso delle I&D norms

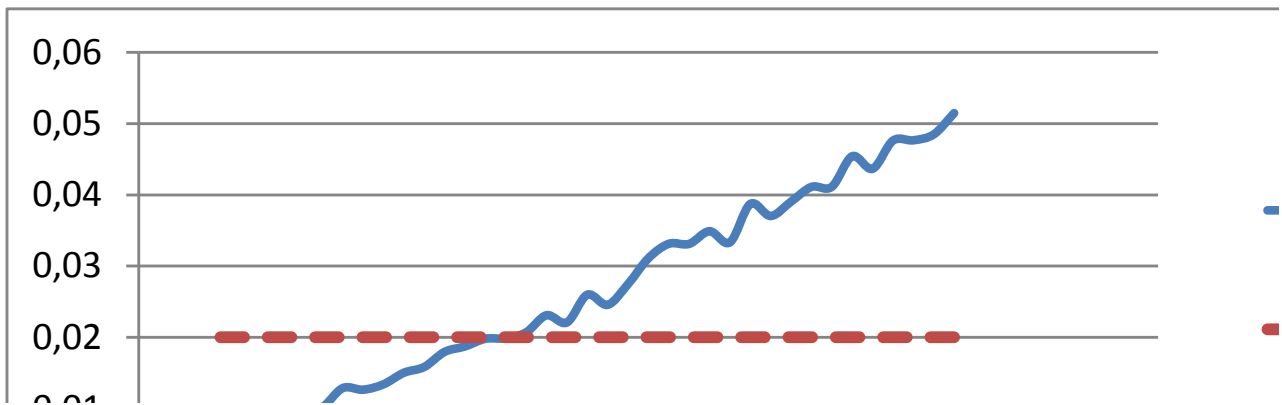
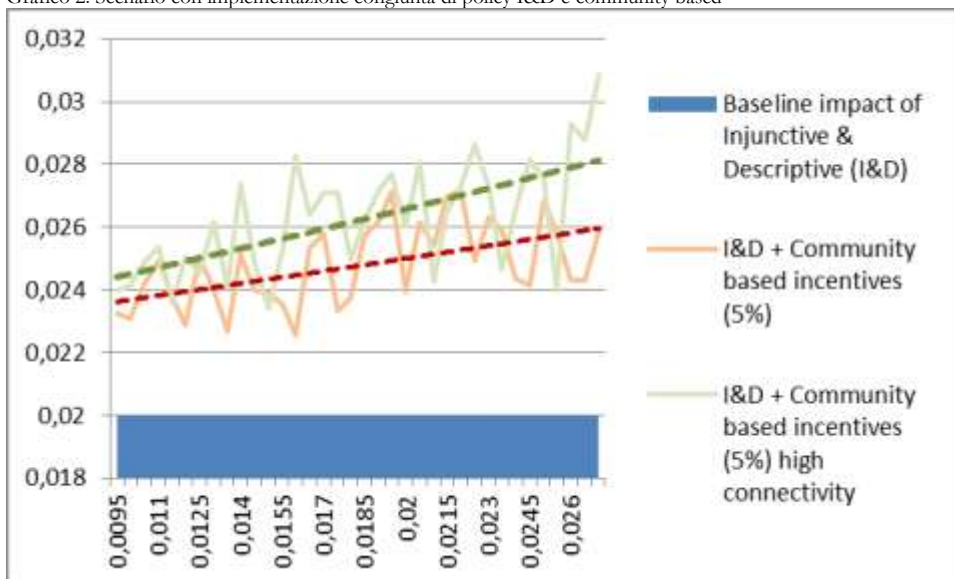


Grafico 2: Scenario con implementazione congiunta di policy I&D e community based



Nel grafico 2 riportiamo i risultati del modello che prevede un'attuazione congiunta di I&D e la formazione di un gruppo community based. Se, come plausibile, la sensibilità all'interazione tra i membri della community è superiore a quella, tracciamo le due serie in verde e in rosso che riportano la variazione del risparmio complessivo. In questo caso, i partecipanti al gruppo incrementano la propria motivazione secondo due criteri alternativi: la posizione rispetto alla media, e la distanza rispetto ai migliori. E' stato inoltre implementato un terzo criterio, per cui ogni famiglia gradua l'intensità della variazione di motivazione in base alla quota di membri del gruppo più parsimoniosi.

L'aspetto rilevante è che in questo caso il grado di connettività della rete sociale fa una differenza rilevante, in termini di impatto complessivo sui risparmi. Qui infatti, i membri della community acquisiscono e modificano i propri comportamenti di consumo in funzione dei comportamenti altrui (relazioni interne all'iniziativa di coordinamento) ma influiscono ulteriormente sulle motivazioni di altre famiglie a loro collegate da relazioni interpersonali. Queste ricadute esterne, maggiore è il livello di connettività locale, contribuiscono ad incrementare ulteriormente il margine di risparmio conseguibile.

Questi risultati verranno integrati, all'interno del workshop, dall'esposizione più dettagliata di ulteriori analisi di sensibilità dei risultati. Si rende comunque necessaria una discussione più ampia sulle assunzioni e sulle possibili estensioni di un approccio simulativo alla predisposizione di policy basate sul criterio della conservazione energetica.