

Linea di ricerca B

Ecoefficienza e rebound effect

Modelli di misurazione e determinanti socioculturali

REPORT CONCLUSIVO

Osman Arrobbio, Mauro Bonaiuti, Giovanna Garrone, Sergio Giaccaria

SOMMARIO

1.	L'EFFETTO RIMBALZO: DEFINIZIONI, CAUSE, MAGNITUDINE E MISURE MITIGATIVE	4
1.2.	Definizioni	5
1.3.	La categorizzazione e le cause dell'effetto rimbalzo	6
1.3.1.	Effetti rimbalzo diretti	6
1.3.2.	Effetti rimbalzo indiretti	7
1.3.3.	Impatti incorporati (e alcune precisazioni)	8
1.3.4.	Effetto rimbalzo "economy wide".	9
1.4.	La misurazione dell'effetto rimbalzo e le cause del backfire	11
1.5.	Misure per ridurre la magnitudine dell'effetto rimbalzo	13
	a) Riduzione delle aspettative	13
	b) Inserimento dell'effetto rimbalzo nei modelli di previsione	13
	c) Informazione e comunicazione ambientale	14
	d) Strumenti fiscali	14
1.6.	Conclusioni	14
2.	IL MODELLO "STOCKS E FLUSSI:" IL CASO DELLE ICT	17
2.1.	Dai limiti della teoria neoclassica della produzione all'approccio fondi e flussi	18
2.2.	Stocks, flussi, fondi e servizi nell'approccio di G-R	20
2.3.	Verso una teoria bioeconomica del benessere	22
2.4.	Dal modello fondi-flussi di G-R ad un approccio complesso	23
2.5.	Quale gerarchia tra sistemi?	24
2.6.	Strutture, processi, funzioni	27
2.7.	Cosa distingue sistemi fisici, biologici e sociali?	27

3.	IL CASO DELLE ICT	30
3.1.	Definizione di ICT	30
	1) Elettronica di consumo intesa come insieme di “end user device”. A titolo indicativo tale categoria comprende:	30
	2) Infrastrutture. Di questa seconda categoria fanno parte:	30
3.2.	Applicazione del modello “stock e flussi” alle ICT: gli stocks	30
3.3.	I flussi in cifre: Energia, Materia, Rifiuti e Servizi	31
3.3.1.	Energia	31
3.3.2.	I flussi di materia (materie prime e rifiuti)	33
3.3.3.	Servizi offerti	34
3.4.	Informazione e sistemi formativi	35
3.5.	Il Rebound Effect nel caso delle ICT	35
3.6.	Stocks flussi, ciclo di vita e rebound effect	38
4.	UN’ANALISI SOCIOLOGICA DELL’EFFETTO RIMBALZO	41
4.1.	Introduzione	41
4.2.	Le aspettative e la problematizzazione	42
4.3.	Le aspettative relative all’efficacia in termini ambientali dell’efficienza e delle ICT	43
4.4.	Gli effetti perversi portati dall’implementazione del programma d’azione “Growth strategy”	46
	Confondere il processo con la sostanza	49
	Fare presa sui vantaggi egoistici	50
	Esagerazione dell’efficacia	50
	Enfatizzazione/occultamento di flussi	51
	Formazione di un valore condiviso	51
	Equivalenza tra prodotto tecnologico e prodotto ecologico	52
	Restringimento del repertorio d’azioni ecologicamente orientate	52
4.5.	Le difficoltà nella valutazione dell’efficacia delle azioni ecologicamente orientate	53
5.	LE DOMANDE COGNITIVE DELLA RICERCA EMPIRICA	57
5.1.	Le (non) apparizioni dell’effetto rimbalzo	58

5.1.1.	Le apparizioni dell'effetto rimbalzo...	58
5.1.2.	... e le mancate apparizioni	61
5.2.	Analisi delle interviste e del focus group	61
5.2.1.	Quali strategie per ridurre il fenomeno?	67
5.2.2.	Il legame tra ICT e ambiente	68
5.3.	Conclusioni	72
6.	CONSERVAZIONE ENERGETICA NEL CONSUMO DOMESTICO DI ENERGIA ELETTRICA	74
6.1.	Introduzione	74
6.2.	I consumi elettrici delle famiglie italiane	77
6.2.1.	Statistiche descrittive	77
6.2.2.	La spesa per elettricità e relative quote	83
6.2.3.	Analisi determinanti consumi elettrici	88
6.3.	Conservazione energetica e teorie comportamentali	91
6.4.	Iniziative per la conservazione energetica in ambito domestico	95
6.5.	Modelli ad agenti ed analisi di scenario.	102
6.5.1.	Struttura del modello	102
6.5.2.	Gli agenti	103
6.5.3.	Le regole comportamentali	105
6.5.4.	Le fasi della simulazione	109
6.5.5.	Test pilota per la calibrazione di un modello base	110
	Simulazione 1: solo interazione sociale	112
6.5.6.	Interazione sociale orizzontale	112
	Simulazione 2: Interazione sociale e injunctive e descriptive norm (I&D)	113
	Simulazione 3: Interazione sociale ed iniziativa community based	114
6.6.	Risultati e conclusioni	115
	Bibliografia	117

Linea di ricerca B

Ecoefficienza e rebound effect

Modelli di misurazione e determinanti socioculturali

REPORT CONCLUSIVO

Osman Arrobbio, Mauro Bonaiuti, Giovanna Garrone, Sergio Giaccaria

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

Nella ricerca di soluzioni assumono un ruolo centrale l'obiettivo della dematerializzazione dell'economia, del delinking (disaccoppiamento) tra prelievi di risorse e output, e conseguentemente di innovazioni (intese quindi di norma come 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 strada ecologicamente efficace è un punto fondamentale delle strategie formulate dall'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” (rebound effect): 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 effetto rimbalzo di oltre il 100%). Tra gli studiosi del fenomeno è possibile difatti 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.

L'effetto rimbalzo è stato inizialmente e prevalentemente studiato nel campo dell'economia delle fonti energetiche (dove l'efficienza è misurabile in termini di unità di lavoro utile per unità di combustibile). Il termine si può applicare in 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) e indiretti (che si verificano in settori o attività terzi). Nel consumo vi può essere anche un effetto rimbalzo psicologico derivante dall'aver appagato il bisogno di agire ecologicamente tramite l'adozione di tecnologia più efficiente. Un ulteriore meccanismo (effetto rimbalzo tecnologico) 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 dell'effetto rimbalzo 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 infatti 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 le 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 domanda di risorsa può aumentare.

Il nostro filone di ricerca si è dedicato ad approfondire alcuni aspetti collegati all'effetto rimbalzo e alle implicazioni che derivano dai discorsi che lo riguardano, indagando in particolare il rapporto tra effetto rimbalzo e le tecnologie della comunicazione e dell'informazione (ICT). Questa scelta deriva da diverse ragioni: da un lato le ICT vengono ritenute necessarie al raggiungimento di una economia dematerializzata, dall'altro posseggono caratteristiche che, stando a quelli che potremmo definire "teorici del backfire", potrebbero condurre con maggiori probabilità a situazioni di backfire. Questo filone di ricerca si è inoltre dedicato 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.

Il capitolo 1 è il risultato di un lavoro di rassegna della letteratura relativa all'effetto rimbalzo. Non si è entrati nel merito di quanto affermato dai diversi studiosi e non si è cercato di risolvere la dura contrapposizione che li vede coinvolti. L'obiettivo principale è stato piuttosto quello di riportare, in un linguaggio che si è cercato di rendere il più possibile accessibile a chi non fosse dotato di una preparazione specialistica, il dibattito sulle cause e sull'entità di tale fenomeno, nonché sulle misure che potrebbero mitigarlo.

Nei capitoli 2 e 3 vengono affrontate alcune questioni epistemologiche ispirate alla scienza della comples-

sità e relative alla sostenibilità dei processi fisici, biologici e sociali. Queste hanno da un lato permesso di rafforzare, con un approccio compiutamente sistemico, il modello “stock e flussi” introdotto da Georgescu-Roegen, di cui viene proposta un’applicazione al caso particolare delle ICT. Dall’altro lato hanno portato a suggerire l’opportunità di non limitare le modalità di descrizione dei processi e dei comportamenti sociali inattesi - come l’effetto rimbalzo – alle sole considerazioni basate sui flussi di materia ed energia, o a quelle basate sulle dinamiche di prezzo caratteristiche dell’analisi economica standard, richiedendo invece una considerazione più esplicita delle strutture “immaginarie” (narrative) che sottendono ai comportamenti di consumo, ai valori e agli stili di vita.

I capitoli 4 e 5 prendono quindi le mosse dall’idea secondo la quale 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.

Nella capitolo 4, partendo da riflessioni e da concetti emersi all’interno della Sociologia delle aspettative e della Actor-Network Theory (ANT), si è esplorata la possibilità che fosse individuabile nelle stesse azioni intraprese con il fine di realizzare la “strategia dell’efficienza”, una delle ragioni che portano sia al rafforzamento dei meccanismi conducenti all’effetto rimbalzo, sia alla riduzione della possibilità di applicare misure mitigative più efficaci.

Il capitolo 5 riporta i risultati di un lavoro di raccolta e produzione di materiale empirico (testi naturali, interviste discorsive, focus group) finalizzato a comprendere le ricadute, sul repertorio di azioni di individui ecologicamente orientati, della conoscenza dell’effetto rimbalzo (e del backfire). Un focus particolare sulle ICT ha poi avuto come obiettivo quello di verificare il legame (sia positivo che negativo) che individui ecologicamente orientati individuano tra le ICT e l’ambiente, nonché di anticipare le barriere che si potrebbero incontrare qualora, arrivando agli impatti ambientali delle ICT ad essere più consistenti, si rendesse necessario orientare ecologicamente anche l’uso (e lo sviluppo) delle ICT.

Il capitolo 6 presenta un modello di simulazione ad agenti volto a quantificare i possibili risparmi di energia elettrica ottenibili in ambito domestico a tecnologia costante sotto diverse ipotesi di scenario, ed a fornire indicazioni qualitative in merito alla sensibilità dei risultati ai parametri della simulazione.

La costruzione del modello e la presentazione dei risultati (sezione 6.5) sono preceduti da un’analisi dei consumi elettrici domestici in Italia su dati di fonte Istat (sezione 6.2; dati ed analisi utilizzati anche per alimentare il modello di simulazione), da una breve rassegna delle teorie comportamentali che motiva le scelte effettuate in sede di simulazione (sezione 6.3), e da una rassegna delle policy orientate a promuovere la conservazione energetica, su cui si sono basate le definizioni di scenari di policy e iniziative implementati nella simulazione (sezione 6.4).

1. L'EFFETTO RIMBALZO: DEFINIZIONI, CAUSE, MAGNITUDINE E MISURE MITIGATIVE

Osman Arrobbio

In questo capitolo si intende introdurre il concetto di effetto rimbalzo (rebound effect) sintetizzando ed in parte analizzando la letteratura ad esso relativa. Già sono disponibili poche, ma importanti, rassegne della letteratura e a tali rassegne verranno spesso fatti rimandi relativi a quegli approfondimenti di carattere tecnico e teorico ritenuti poco rilevanti per il compito che si intendeva assolvere in questa sede. La struttura, il contenuto, e in parte anche il tono di questo capitolo sono difatti progressivamente emersi tenendo soprattutto conto delle “indicazioni” che giungevano dal lavoro simultaneo di produzione, lettura e analisi del materiale empirico raccolto e di cui si troveranno le tracce più evidenti nel terzo capitolo. Le funzioni che la nostra sintesi assolve rispetto alla letteratura analizzata saranno perciò rese più chiare, almeno così speriamo, dalla lettura dei due capitoli seguenti. In essi cercheremo di mostrare che l'effetto rimbalzo non è – o non è solo - un fenomeno analizzabile con sole considerazioni di ordine tecnico o, quantomeno, non con le sole considerazioni di ordine tecnico proprie del campo di studi dell'economia energetica, al quale la letteratura, come risulterà evidente proseguendo, è ascrivibile in modo prevalente.

Chi si trovasse ad inserire il termine “effetto rimbalzo” in un motore di ricerca troverebbe però rimandi ad argomenti che poco hanno a che fare con tale campo. Chiariamo allora che il termine “effetto rimbalzo” non riguarda esclusivamente l'economia energetica. Nei giorni in cui si stavano scrivendo queste pagine era molto più facile sentire parlare, o leggere, di effetto rimbalzo con riferimento all'andamento delle borse valori o dei titoli in esse quotate, intendendo in questo caso il momento in cui si assiste ad un rialzo dei valori in seguito ad un periodo prolungato di continui ribassi. In questo senso si tratta di un fenomeno visto generalmente in modo positivo (pur non indicando necessariamente l'inversione di una tendenza) ed è anche, in qualche modo, atteso. Al contrario – continuando a riferirci ad altri possibili rimandi dalle pagine dei motori di ricerca - il termine effetto rimbalzo non acquisisce valenza positiva per chi si è sottoposto a cure farmacologiche o a una dieta. Nel primo caso il termine indica la recrudescenza dei sintomi di una malattia una volta sospeso il trattamento farmacologico e, nel secondo caso, un recupero del peso una volta interrotta la dieta. La possibilità del verificarsi di questi effetti può essere nota a chi ha prescritto la cura, ma ci si immagina che non risulterà gradita né a chi la ha prescritta, né a chi vi si è sottoposto. Non è nostro obiettivo quello di spiegare le ragioni di tali fenomeni, ma le particolarità riscontrate nei casi precedenti risultano comunque utili per aiutare a comprendere le particolarità del “nostro” effetto rimbalzo. Abbiamo là visto che “effetto rimbalzo” può indicare fatti generalmente ritenuti positivi o al contrario negativi; abbiamo visto che può avere una più o meno grande probabilità (talora nota) di verificarsi; che può indicare una variazione rispetto al miglior risultato ottenuto, una variazione rispetto alle condizioni iniziali, oppure l'inversione di una tendenza; in tutti questi casi l'effetto rimbalzo si verifica in seguito alla concreta applicazione di una misura o in seguito all'avverarsi di determinati fatti.

1.2. Definizioni

Per ciò che qui interessa il termine “effetto rimbalzo” può servire ad indicare quei casi nei quali si registra un divario tra il livello atteso di riduzione di un fenomeno e il livello di riduzione effettivamente verificatosi e, più specificamente, in quei casi nei quali il divario derivi da risposte sistemiche (comportamentali o di altro tipo) a misure che, intraprese al fine di ridurre gli impatti ambientali, neutralizzano o controbilanciano gli effetti di tali misure (Hertwick, 2005). Le misure alle quali facciamo qui riferimento sono quelle finalizzate alla riduzione degli impatti ambientali tramite l'aumento nell'eco-efficienza di un sistema, dove con “eco-efficienza” definiamo il rapporto tra un risultato (output) e le risorse necessarie (input di materia ed energia). L'effetto rimbalzo potrà essere espresso in termini percentuali indicanti la quota dei benefici attesi - derivanti da stime ingegneristiche - che è stata “perduta”. Per calcolarlo si può usare la seguente formula:

Effetto Rimbalzo = (Minor impatto atteso - Minor impatto effettivo) / Minor impatto atteso

dove un risultato pari a 60% significherebbe che il 60% dei benefici attesi non si sono avverati. Quanto detto mette in evidenza una importante differenza rispetto ai casi esposti precedentemente, ovvero che il divario non è relativo ad un risultato già raggiunto, ma ad un risultato che ci si attendeva di raggiungere. La misurazione dell'effetto rimbalzo non restituisce quindi un dato direttamente relativo all'efficacia di una misura ambientale basata sull'efficienza, ma può restituircelo indirettamente misurando la differenza rispetto all'efficacia attesa. Può dire, insomma, se la misura è stata più o meno efficace di quanto ci si attendesse. Da ciò risulta che il verificarsi di effetti rimbalzo non è necessariamente un fatto negativo. Laddove si dovesse avere un effetto rimbalzo del 60% si potrà dire che i risultati attesi si sono verificati nella misura del 40%. Il che può non essere molto, ma può comunque essere meglio di niente: si potrà ancora dire che le misure basate sull'efficienza sono efficaci, anche se in forme più blande rispetto a quelle attese, e che i consumi di risorse e i relativi impatti ambientali sono in diminuzione pur avendo aumentato l'utilità ottenuta. Ora, per quanto possa essere meglio di niente in alcuni casi ciò potrebbe non essere abbastanza. Se oltre ad avere l'obiettivo di ridurre il consumo di risorse vi è anche l'obiettivo di ridurlo ad un determinato livello entro un certo arco di tempo, anche livelli minori di effetto rimbalzo potrebbero non permettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati nei tempi stabiliti. Assolutamente negativi, perlomeno dal punto di vista ambientale, sono invece quei casi nei quali l'effetto rimbalzo risulta essere maggiore del 100%. Nella letteratura questi casi vengono definiti “backfire” e indicano il fatto che in seguito all'introduzione di maggiori livelli di efficienza i consumi sono giunti ad un livello addirittura superiore a quello registrato in precedenza. Il quadro si completa facendo riferimento ad un'ultima possibilità, quella nella quale l'effetto rimbalzo risulta essere inferiore a zero. In questi casi il consumo si trova ad un livello più basso rispetto a quello atteso.

Chiariamo ancora che a differenza della più grande parte della letteratura sull'effetto rimbalzo preferiamo qui parlare di eco-efficienza anziché di efficienza energetica. Ciò deriva dalla necessità di non voler limitare il discorso ai soli impatti derivanti dal consumo di energia e risulta inoltre giustificato dal fatto che per il livello di approfondimento e analisi che svolgeremo qui, e stante le definizioni proposte, i meccanismi individuati dagli studiosi di economia energetica possono essere ritenuti validi anche qualora si sostituisca l'energia con altri tipi di risorse entranti all'interno di un sistema (Maxwell et al., 2011). Nel prosieguo di questa trattazione verranno riportati esempi che riguarderanno soprattutto (ma non solo) l'efficienza energetica. Questa scelta è stata fatta allo scopo di semplificare sia il lavoro di chi scrive, che troverà disponibili una maggiore quantità di esempi relativi all'efficienza energetica, sia di chi, leggendo, potrà più facilmente ricostruire esempi relativi alla propria vita quotidiana. Si vuole comunque ricordare che si

intende l'efficienza energetica come una delle modalità con le quali si “manifesta” l'eco-efficienza. Un maggiore livello di eco-efficienza si avrà sia nel caso in cui si ottiene una maggiore quantità di output con una invariata quantità di input, sia nel caso in cui si ottiene una invariata quantità di output con un minor apporto di input, ma anche nel caso in cui si ottiene una maggiore quantità di output con una maggiore quantità di input (sebbene con un aumento di minore entità rispetto a quello relativo alla quantità di output). Si tratta di differenze di non poco conto e che abbiamo preferito non dare per scontate soprattutto se si considera che quando si parla dell'efficacia in termini ambientali del miglioramento dell'eco-efficienza si fa appena riferimento alla situazione nella quale si ha una riduzione degli input. Diremo allora che il raggiungimento di maggiori livelli di eco-efficienza non arriva necessariamente ad essere efficace dal punto di vista ambientale, ma lo è solo a patto che si verifichino (o non si verifichino) determinate condizioni che inizieremo qui sotto a mostrare.

1.3. La categorizzazione e le cause dell'effetto rimbalzo

Cosa determina la presenza di un divario tra il risultato atteso e il risultato effettivo? La causa senza dubbio più analizzata è l'incremento del consumo che deriva dalla riduzione dei costi consentita dalla maggiore efficienza. Quando aumenta l'efficienza di un particolare bene o servizio diminuisce (a parità di altre condizioni) il costo per unità di output e risulta possibile usufruire (consumare se si è consumatori, produrre se si è produttori) di una maggiore quantità del bene o servizio più efficiente senza incorrere in maggiori esborsi monetari. Si tratta del cosiddetto effetto rimbalzo indotto dal prezzo (price induced rebound effect). Come ci ricorda Sorrell (2009) effetto rimbalzo è un termine “ombrello” che indica una varietà di meccanismi riducenti i risparmi energetici potenziali. Difatti alcuni studiosi hanno identificato altri meccanismi, ad esempio il mental rebound, il time rebound e il technology rebound. Il primo riguarda, negli attori ecologicamente orientati, l'aumento dei consumi causato dalla percezione di comportarsi già, per il fatto di utilizzare beni più efficienti, in modo “sostenibile”: elemento non secondario se si considera che l'acquisto di beni più efficienti può rivestire una valenza ecologica (Schneider, 2003; Girod e De Haan, 2009); il secondo riguarda i consumi e i relativi impatti prodotti in unità di tempo “liberate” da processi più veloci, ovvero più efficienti in senso temporale: elemento non secondario nel momento in cui il tempo è pur sempre condizione necessaria per il consumo di risorse (Jalas, 2002); il terzo si riferisce ai cambiamenti negli stili di consumo derivanti dalla sopraggiunta maggiore disponibilità/praticabilità di certe soluzioni tecnologiche. Le tipologie di meccanismi conducenti all'effetto rimbalzo appena elencate non esauriscono tutte le possibilità (si veda a tal esempio Schneider, 2008 e Alcott, 2008) di studiare il fenomeno dell'effetto rimbalzo laddove si voglia tenere in considerazione il fatto che non sono le sole risorse materiali (e i loro costi) ad entrare all'interno dei processi di produzione e consumo. Cionondimeno le spiegazioni basate sui costi sono quelle per le quali è possibile rintracciare la maggior parte degli studi e che permettono di ottenere le migliori misurazioni e le migliori stime previsionali dell'effetto rimbalzo. In letteratura gli effetti rimbalzo vengono generalmente categorizzati a seconda del livello (micro o macro) in cui si producono. Gli effetti rimbalzo a livello micro possono essere suddivisi in effetti rimbalzo diretti ed effetti rimbalzo indiretti.

1.3.1 Effetti rimbalzo diretti

Gli effetti rimbalzo diretti sono relativi allo stesso bene o servizio al quale un'innovazione apportante un maggiore livello di eco-efficienza viene applicata. Nel momento in cui l'incrementata efficienza riduce il costo di utilizzo di un bene o servizio si può avere una maggiore domanda di tale bene o servizio. L'effetto rimbalzo diretto si ha nel caso in cui tale maggiore domanda abbia effettivamente luogo. Come accennato

precedentemente anche il contrario è possibile: è il caso delle “inferior good”, quei beni o servizi per i quali la domanda si riduce al diminuire del costo. È questa una precisazione doverosa, anche se si tratta di un caso che in generale si ritiene rilevante con riferimento ai soli effetti rimbalzo diretti (Sorrell, 2007, p. 4). Proponiamo ora un esempio di manifestazione di effetto rimbalzo diretto riguardante la sfera dei consumi domestici e un prodotto a larghissima diffusione. Prendiamo come unità di riferimento una famiglia e ipotizziamo che in essa si sostituiscano tutte le lampadine ad incandescenza con lampadine a basso consumo energetico e che, in conseguenza delle caratteristiche tecniche specifiche dei due prodotti, ci si attenda un minor consumo energetico per illuminazione del – poniamo - 60%. Ipotizziamo poi che il consumo effettivo per illuminazione della famiglia si sia ridotto, ma in misura inferiore, magari di appena il 30%. L'effetto rimbalzo (diretto) espresso in termini percentuali risulterà come segue:

$$\text{Effetto Rimbalzo} = (60 - 30) / 60 = 30 / 60 = 50\%$$

La formula è abbastanza semplice e non dovrebbe porre problemi nella sua comprensione. Il problema è piuttosto comprendere per quale motivo, o per quali motivi, la riduzione sia stata inferiore rispetto alle attese.

Nel momento in cui il nuovo bene è più efficiente è possibile ottenere la stessa quantità di output, nel nostro esempio la stessa quantità di ore di illuminazione, ad un costo minore rispetto a prima. Più l'innovazione sarà apportatrice di maggiore efficienza più diventerà possibile aumentare la quantità di ore di illuminazione continuando pur sempre a spendere meno di prima. Come, nella pratica, la famiglia abbia eroso il potenziale di risparmio delle nuove lampadine possiamo provare a immaginarlo: sapendo che queste erano più efficienti le ha acquistate con l'intento di aumentare l'illuminazione in una o in tutte le stanze (esempio di effetto rimbalzo indotto dal prezzo); può avere allentato (più o meno coscientemente) la rigidità della regola familiare che prima imponeva di spegnere le lampadine quando si usciva anche solo temporaneamente da una stanza (esempio di effetto rimbalzo “mentale”); può avere installato luci supplementari con altri fini oltre a quello di agevolare direttamente le attività dei membri della famiglia, ad esempio per scoraggiare i furti installando illuminazione esterna. Intendiamo quest'ultimo caso come un esempio di technology rebound: sebbene sia per la maggiore illuminazione interna, che per l'introduzione ex-novo di illuminazione esterna, il servizio energetico delle nuove lampadine sia sempre l'illuminazione, le funzioni che questa assolve non sono le stesse, trattandosi di un output che è possibile ritenere qualitativamente differente.

1.3.2 Effetti rimbalzo indiretti

Come reagirà la “nostra” famiglia nel momento in cui arriverà la prima bolletta della luce dopo la sostituzione delle lampadine? Noterà che questa non sarà inferiore del 60% rispetto a quella precedente, cosa che in parte aveva già messo in conto nel momento in cui si era presa la decisione di illuminare maggiormente le stanze e di installare illuminazione esterna. Una quota della mancata riduzione potrà essere attribuita al comportamento dei membri della famiglia che hanno lasciato le luci inutilmente accese nelle stanze vuote e in tal caso si potrà decidere di ripristinare il rispetto della norma momentaneamente trascurata. In ogni caso noterà di avere comunque speso meno di prima.

Si ha un effetto rimbalzo indiretto quando l'aumento dell'efficienza di un bene o servizio porta ad un aumento della domanda di altri beni o servizi. Anche qui possono entrare in gioco uno o più dei meccanismi già descritti parlando degli effetti rimbalzo diretti. Sapendo di utilizzare – perchè già preventivato o perché scoperto in seguito - una minor quantità di denaro per ottenere un determinato output, sarà possibile utilizzare i risparmi conseguiti per ottenere una maggiore quantità di altri beni o servizi o per

effettuare spese precedentemente mai effettuate. Per continuare con l'esempio precedente la famiglia potrà decidere (o lo aveva già preventivato) di utilizzarne almeno una parte per una breve - e supplementare rispetto alle abitudini della famiglia - gita fuori porta, attività che, a seconda delle modalità con le quali viene svolta, richiederà comunque un certo ammontare di risorse, contribuendo quindi anche questa ad allontanarci in minore o maggiore misura dal minor impatto ambientale che ci si attendeva vista l'introduzione delle nuove lampadine. Qualora sottraessimo anche questi consumi e impatti aggiuntivi al minor consumo e impatto effettivo della formula avremmo un effetto rimbalzo maggiore.

1.3.3 Impatti incorporati (e alcune precisazioni)

Prima di passare alle manifestazioni dell'effetto rimbalzo a livello macro riteniamo necessario fare alcune considerazioni su quanto fin qui emerso e ribadire, o introdurre, alcune essenziali premesse. Gli esempi che abbiamo fatto si basano sul presupposto che un determinato aumento dell'efficienza si traduca in una proporzionale diminuzione dei costi: abbiamo quindi per semplicità trascurato l'incidenza dei costi fissi, quali possono essere nel nostro esempio il canone o l'investimento iniziale per l'acquisto dei nuovi beni più efficienti; abbiamo trascurato le eventuali variazioni nei prezzi dell'energia e delle materie prime, nelle imposte sui consumi e negli incentivi fiscali. Come anticipato più sopra abbiamo inoltre tralasciato di indagare se la riduzione nel costo del bene o servizio fosse dovuta ad un uso più efficiente dell'energia o ad un uso più efficiente di altre risorse materiali. Nella maggior parte dei casi quando si dice che un determinato bene è il 40% più efficiente di un bene precedente svolgente funzioni cosiddette equivalenti non si fa riferimento all'eco-efficienza dell'intero ciclo di vita del bene, ma appena all'efficienza (energetica) in fase d'uso. Questo fatto rende necessario citare una importante categoria di impatti, quelli che potremmo chiamare impatti incorporati (*embodied impacts*). Questi possono essere definiti come l'investimento iniziale, in termini di costo, di risorse e di impatto ambientale, che permette in seguito una riduzione dei costi, dei consumi di risorse e degli impatti ambientali durante l'uso. Quale che sia il bene più efficiente che prendiamo in considerazione questo avrà sempre richiesto una certa quantità di energia e materia per la sua produzione, il trasporto e l'installazione, e altre quantità ne richiederà successivamente per lo smaltimento; si tratta inoltre di risorse diverse da quelle che permettono di definire la maggiore efficienza di un bene rispetto ad un altro.

Nella letteratura sull'effetto rimbalzo, dove ci si riferisce, in base a quanto introdotto prima, alla sola energia incorporata (*embodied energy*) questi vengono solitamente inseriti tra gli effetti rimbalzo indiretti. A dire il vero la ragione di ciò non ci è particolarmente chiara o perlomeno non ci è chiaro il perché non siano anche inclusi nel calcolo dell'effetto rimbalzo diretto. Colmare questa lacuna comporterebbe alcune difficoltà: si minerebbe la precisione dei calcoli effettuati in laboratorio, essendo necessario procedere a distribuire gli impatti incorporati lungo il periodo (stimato) di vita utile dei nuovi beni o servizi; comporterebbe inoltre la necessità di attribuire pesi agli impatti derivanti dall'utilizzo di diverse risorse. Il fatto che, come conseguenza di cambiamenti sopraggiunti nella selezione delle principali preoccupazioni di carattere ambientale, in un determinato periodo - come è il caso del periodo attuale - l'attenzione si concentri più marcatamente sulla riduzione nell'uso di una o di poche determinate risorse (ad esempio l'energia elettrica) e sull'immissione nell'ambiente di uno o di pochi determinati inquinanti (ad esempio l'anidride carbonica) potrebbe essere di per sé sufficiente a far valutare erroneamente l'esito in termini ambientali delle azioni ecologicamente orientate. Al contempo non ci sentiamo di escludere la possibilità che questa limitazione, oltre al derivare dalla presenza di un importante e attuale problema ambientale, quale è il riscaldamento climatico, sia anche conseguenza delle difficoltà che si incontrano nel tentativo di rendere operativo il concetto di eco-efficienza, di renderlo utile ad indirizzare verso una maggiore efficacia l'agire ecologicamente orientato. Quanti saprebbero dire, anche tra coloro che conoscono perfet-

tamente il livello di maggiore efficienza energetica acquisita (in fase d'uso) da un nuovo bene, quali siano gli impatti specifici delle sostanze che vengono utilizzate nella produzione dei nuovi beni più efficienti? Quanti saprebbero poi compararli (quantitativamente e qualitativamente) con quelli delle sostanze utilizzate nella produzione dei beni precedenti? La riduzione operativa dell'eco-efficienza alla sola efficienza energetica in fase d'uso sarebbe perciò, almeno per il momento, il miglior risultato ottenibile, la miglior approssimazione funzionale.

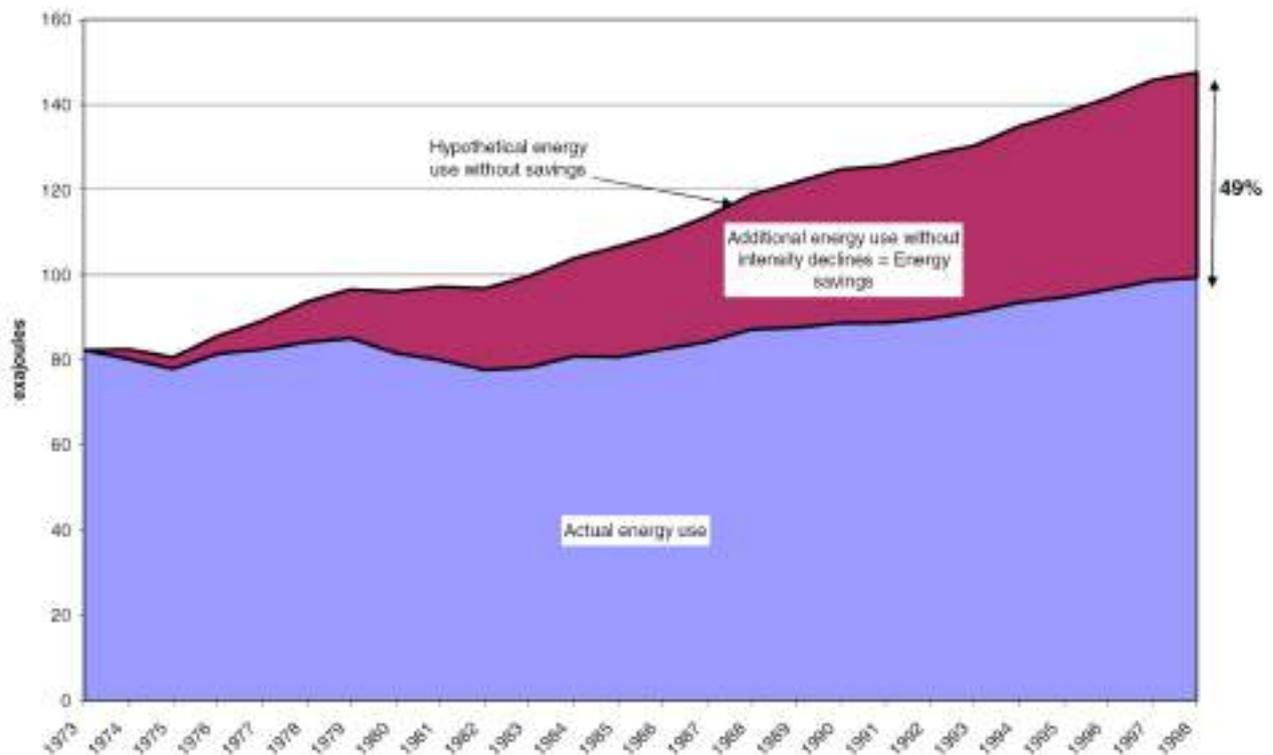
1.3.4 Effetto rimbalzo “economy wide”.

Si può parlare di effetto rimbalzo economy wide (traducibile in italiano con ‘al più ampio livello del sistema economico’) non solo intendendo la somma degli effetti rimbalzo diretti ed indiretti causati dal comportamento di grandi numeri di agenti economici, ma anche per indicare i particolari meccanismi che entrano in gioco a livello macro in seguito all'aumento dell'efficienza. Diffusi miglioramenti nell'efficienza possono essere sufficienti a portare ad una riduzione del prezzo della/e risorsa/e il cui uso è diventato più economico. La riduzione del prezzo può incoraggiare una maggiore domanda di quei processi nei quali le risorse in questione sono utilizzate e stimolare, più in generale, la crescita economica e i relativi maggiori impatti ambientali. Qui giungiamo al punto più interessante, dibattuto e controverso relativo all'effetto rimbalzo, ovvero la teoria secondo la quale miglioramenti nell'efficienza – e qui la letteratura è concentrata ancora più preponderantemente sull'efficienza energetica – in alcune circostanze fanno aumentare, anziché diminuire, il consumo totale di energia. Questa teoria, che sulle prime appare paradossale, è appunto conosciuta come Paradosso di Jevons, dal nome dell'economista W. S. Jevons che nel suo “The coal question” del 1865 afferma essere errato “...supporre che l'uso più economico di un combustibile equivalga ad una riduzione del suo consumo. È piuttosto vero l'esatto contrario. ...Ogni miglioramento del motore [a vapore] non potrà far altro che accelerare il consumo di carbone...” (Jevons, 1865, (1905) pp.140, 152-3). L'idea sarebbe stata poi ripresa più di due secoli dopo diventando nota come “Postulato di Khazzoom-Brookes”. Nella sua formulazione originaria in esso si affermava che: “con prezzi reali dell'energia stabili i miglioramenti nell'efficienza energetica fanno salire il consumo di energia ad un livello superiore a quello che si registrerebbe senza questi miglioramenti” (Saunders, 1992). Se il postulato fosse corretto le implicazioni per le politiche sul risparmio energetico e per quelle contro il riscaldamento climatico, che vedono nell'efficienza energetica uno degli strumenti cardine, sarebbero estremamente profonde. Sebbene il postulato si sia trovato ad essere oggetto di critiche relative sia ai suoi fondamenti teorici che alle evidenze empiriche utilizzate per provarne la validità, si può riconoscere – d'accordo con HoL (2006) - che esso fornisce perlomeno una possibile spiegazione del fatto di vedere i considerevoli miglioramenti nell'efficienza energetica accompagnati da un incremento nel consumo totale di energia.

D'accordo con Herring e Roy (2007) è possibile rilevare l'esistenza di due posizioni contrapposte in merito all'efficacia ambientale dell'efficienza e alla validità del Paradosso di Jevons e delle sue più recenti formulazioni. Nella prima si mette in risalto il fatto che se non ci fossero stati miglioramenti nell'efficienza il consumo di risorse sarebbe stato maggiore; nella seconda si mette in risalto il fatto che il consumo di risorse (soprattutto energia) è maggiore rispetto al passato come conseguenza del fatto che si sono avuti miglioramenti nell'efficienza.

Per spiegare la differenza tra le due posizioni e per evidenziarne le principali debolezze ricorreremo al supporto di un esempio e di un grafico tratto da IEA (2005) su dati IEA (2004):

Figura 1.



Fonte: IEA (2005)

L'area inferiore del grafico mostra il livello di consumo di energia di 11 paesi OCSE tra il 1973 e il 1998¹. La linea superiore mostra invece il consumo ipotetico di energia che si sarebbe registrato se l'intensità energetica² fosse rimasta agli stessi livelli del 1973.

La prima posizione attira l'attenzione sulla differenza tra il consumo effettivo di energia del 1998 e il consumo ipotetico di energia dello stesso anno: rispetto al consumo ipotetico vi è stato un risparmio di energia di circa il 49%. La principale debolezza di questa posizione risiede nel sostenere l'indipendenza della variazione della domanda di servizi energetici dalla diminuzione del loro costo.

La seconda posizione attira l'attenzione sulla lettura della differenza tra il consumo effettivo del 1998 e il consumo effettivo del 1973: rispetto al 1973 il consumo effettivo di energia è cresciuto di circa il 13%. Principale debolezza di questa posizione risiede invece nel sostenere che tutta la variazione della domanda sia spiegata dalla variazione del costo dei servizi energetici.

In generale, chi opta per la prima chiave di lettura, a differenza di chi opta per la seconda, ritiene la crescita economica un risultato per il cui ottenimento i miglioramenti nell'efficienza giocano un ruolo di importanza non primaria.

¹ Il fine è quello di spiegare la differenza tra le due letture, ed è solo per ragioni di opportunità grafica che si è scelto di non utilizzare dati più recenti che, comunque, non invalidano il ragionamento qui effettuato. Per prendere visione di versioni più aggiornate dello stesso grafico si rimanda ad esempio alle seguenti Comunicazioni della Commissione Europea: COM (2005) 265 "Libro verde sull'efficienza energetica: fare di più con meno"; COM (2006) 545 "Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità".

² L'intensità energetica è l'inverso dell'efficienza energetica. Dove la seconda è data dal rapporto tra output e energia (input), la prima è data dal rapporto tra energia (input) e output.

1.4. La misurazione dell'effetto rimbalzo e le cause del backfire

Può la misurazione dell'effetto rimbalzo risolvere questa contrapposizione? Fornisce i risultati necessari a stabilirne la magnitudine? La risposta alla prima domanda è “non ancora”; alla seconda è “sì, ma solo in alcuni casi”. Gli effetti rimbalzo necessitano di essere definiti in base ad una particolare cornice temporale (corto, medio, lungo termine) e in base ai confini del sistema (nucleo familiare, impresa, settore, economia nazionale, economia mondiale). Se, ad esempio, ciò che interessa conoscere è l'efficacia delle misure basate sull'efficienza nel ridurre le cause del riscaldamento climatico globale, allora sarà rilevante conoscere l'effetto rimbalzo a livello mondiale e nel lungo termine. Si tratta però dell'effetto rimbalzo più difficile da stimare. (Sorrell, 2007, p. 3)

Minori difficoltà si incontrano nel calcolo dell'effetto rimbalzo diretto. Le misurazioni dell'effetto rimbalzo diretto hanno permesso di giungere alla sostanziale accettazione, all'interno della comunità scientifica, del fatto che l'effetto rimbalzo si verifichi (o, almeno, che sia poco probabile che non si verifichi) e che l'effetto rimbalzo diretto nei paesi industrializzati sia compreso tra il 10% e il 30% per buona parte dei servizi energetici (si veda la Tabella 1). Benchè gli studi finora compiuti sull'effetto rimbalzo per le risorse non energetiche siano ancora pochi, si ritiene che i risultati non arriveranno a scostarsi molto da questo ordine di grandezza (Sorrell 2007; 2010). Sebbene siano poche le misurazioni dell'effetto rimbalzo (sia a livello micro che macro) nei paesi del Sud del mondo, queste confermano la teoria secondo la quale, essendo in quei paesi la domanda di beni e servizi energetici (così come di molte altre tipologie di beni e servizi) più lontana dal punto di saturazione, un aumento dell'efficienza si traduce là in un più consistente aumento della domanda rispetto a quello che si verificherebbe nei paesi industrializzati. Questa stessa considerazione vale anche per i gruppi a basso reddito all'interno dei paesi industrializzati.

Tabella 1. Stime dell'effetto rimbalzo diretto di lungo termine per il consumo di servizi energetici nei paesi OCSE

Tipologia di servizio	Range dei valori	Migliori stime	Grado di confidenza
Trasporto motorizzato	5-87%	10-30%	Alto
Riscaldamento domestico	1,4-60%	10-30%	Medio
Raffrescamento domestico	1-26%	1-26%	Basso
Altri servizi energetici	0-49%	<20%	Basso
Riscaldamento dell'acqua	<10-40%	??	Molto basso

Fonti: Greening et al. (2000); Sorrell (2007); riadattato da Jenkins et al. (2011)

Quanto più ci si “allontana” dalla sfera micro o, perlomeno, quando si iniziano ad ampliare i confini del sistema di riferimento includendo dapprima l'effetto rimbalzo indiretto e arrivando poi all'effetto rimbalzo economy-wide nel lungo termine, tanto più possono variare i sistemi di misurazione, tanto più questi sono soggetti a stime e a variabilità nelle assunzioni e tanto meno c'è un accordo su di essi. Come afferma Sorrell (2010): “la quantificazione degli effetti rimbalzo è ostacolata dall'inadeguatezza dei dati, dalla mancata chiarezza nello stabilire i confini del sistema, dalle variabili endogene, dall'incertezza nell'individuare relazioni causali, dagli effetti transfrontalieri, dalle complesse dinamiche di lungo termine quale il mutamento degli stili di consumo”.

Tabella 2.

Studio	Paese / Regione	Effetto rimbalzo economy wide
Semboja (1994)	Kenya	170-350%
Dufornaud et al. (1994)	Sudan	47-77%
Van Es et al. (1998)	Paesi Bassi	15%
Vilkstrom (2004)	Svezia	50-60%
Washida (2004)	Giappone	35-70%
Grepperud e Rasmussen (2004)	Norvegia	>100% per l'elettricità; di entità modesta per l'uso di petrolio
Glomsrod e Wei (2005)	Cina	>100%
Hanley et al. (2005)	Scozia	120%
Allan et al. (2007)	Regno Unito	30-50%
Hanley et al. (2009)	Scozia	132% per l'elettricità; 134% per altri tipi di energia

Fonti: Dimitropoulos (2007, Sorrell (2007, Turner et al. (2009), riadattato da Jenkins et al. (2011)

La Tabella 2 riporta i risultati di alcuni tentativi di misurazione/previsione dell'effetto rimbalzo economy-wide. Oltre a dimostrare l'esistenza di una grande variabilità nei risultati, mostra la presenza di casi di backfire talvolta assai consistenti. Cosa rende più probabile il verificarsi di backfire? Nel lavoro di Jenkins et al. (2011, pp. 42 e ss.) vengono individuati tre principali fattori:

- Multi-factor productivity improvements; si intendono i miglioramenti nella produttività dell'energia e di uno o più altri input di produzione (capitale, lavoro, risorse non energetiche). Un simultaneo miglioramento nella produttività di più fattori di produzione porterebbe ad un effetto rimbalzo di magnitudine maggiore rispetto a quella che si avrebbe con miglioramenti nella produttività di un solo fattore produttivo. Può essere il caso, ad esempio, di edifici più efficienti dal punto di vista energetico che, allo stesso tempo, permettono un aumento della produttività del fattore forza-lavoro. Tutti e due i miglioramenti dovrebbero entrare nel computo della maggiore efficienza (economica in senso lato) permessa dalla più efficiente (in termini energetici) tipologia di edificio;
- Qualità degli input; alcuni autori sostengono che la crescente disponibilità di input energetici di "alta qualità", in particolare l'elettricità, sia stata uno dei principali fattori alla base della crescita economica nel corso degli ultimi due secoli, avendo questi input impatti sinergici sulla produttività di altri fattori di produzione. Con "alta qualità" si intende la capacità di un input di fornire maggiori livelli di utilità (useful work). Diverse fonti di energia non dovrebbero essere comparate con il solo riferimento alle misure di potere calorifico (tonnellate di petrolio equivalente, ecc.), ma utilizzando più propriamente il concetto termodinamico di exergia. Ad esempio l'energia sotto forma di vapore ad alta pressione è in grado di fornire una maggiore quantità di utilità rispetto alla stessa quantità di energia sotto forma di calore a bassa temperatura;
- Effetti di frontiera e tecnologie pervasive (general-purpose technologies); i più evidenti casi di backfire (o perlomeno quelli che per alcuni studiosi sono identificabili in questo senso) si sono manifestati per i miglioramenti nell'efficienza di quelle tecnologie che si sono dimostrate adattabili ed utilizzabili in una vasta varietà di prodotti e processi e che hanno, quindi, permesso un maggior uso di applicazioni basate su quella tecnologia e portato alla creazione di interi nuovi settori industriali. Gli esempi storici più rilevanti sarebbero quelli che hanno riguardato il motore a vapore di Watt, il motore elettrico, le tecnologie di illuminazione e, in tempi più recenti, i semiconduttori e i computer.

1.5. Misure per ridurre la magnitudine dell'effetto rimbalzo

Qui sotto riportiamo un insieme di misure e strumenti individuati per ridurre l'effetto rimbalzo. Le prime due possono essere intese come “artifici contabili”, nel senso che possono sì ridurre l'effetto rimbalzo, ma non hanno direttamente effetto sull'efficacia della misura ambientale intrapresa.

a) Riduzione delle aspettative

Nella definizione di effetto rimbalzo data agli inizi di questo capitolo si è detto che questo indica la differenza tra un dato atteso e un dato effettivo. Si potrebbe essere tentati di dire che per ridurre l'entità dell'effetto rimbalzo sarebbe sufficiente avere delle aspettative più basse. Ridurre le aspettative non ha, perlomeno direttamente, alcuna influenza sui livelli di consumo o sugli impatti ambientali, ma permetterebbe quantomeno di fare in modo che esse non si trovino ad essere marcatamente disattese. Più sopra avevamo proposto un esempio nel quale l'effetto rimbalzo diretto risultava essere del 50%, in quanto ci si attendeva un minor impatto del 60%, più consistente del 30% che si sarebbe poi effettivamente avuto. Ma chi si attendeva tale minor impatto? Ovvero, sulle attese di quale soggetto è opportuno misurare l'effetto rimbalzo?

Continuando a prendere come riferimento la famiglia dell'esempio dovremo ricordarci che questa aveva già messo in conto di approfittare parzialmente della maggiore efficienza delle nuove lampadine per avere un maggior output in illuminazione. In conseguenza di ciò si attendeva – poniamo – un minor consumo energetico per illuminazione del 40%.

Effetto rimbalzo (in base alle aspettative della famiglia) = $(40 - 30) / 40 = 10 / 40 = 25\%$

Così calcolato l'effetto rimbalzo sarebbe meno rilevante, non essendo più del 50%, bensì del 25%. Detto in altri termini, lo scostamento rispetto alle attese sarebbe più limitato. Così facendo si corre però il rischio che per uno stesso insieme di eventi si misurino tanti effetti rimbalzo quanti sono i soggetti che vengono presi in considerazione: ogni famiglia avrebbe il “suo”. Siccome si vuole porre l'attenzione sull'aspettativa sociale relativa all'efficacia dell'efficienza e non sulle aspettative di singole famiglie o singoli utenti, diremo allora che l'effetto rimbalzo viene misurato tenendo conto delle aspettative di quei soggetti che: a) si attendono il totale avveramento delle potenzialità dei beni e servizi più efficienti, così come queste emergono dalle rilevazioni fatte nei laboratori (le cosiddette stime ingegneristiche), e che b) hanno il potere di rafforzare l'aspettativa relativa all'efficacia dell'efficienza (energetica) nella diminuzione degli impatti ambientali. La relazione tra i due punti è quantomeno interessante in quanto si configura come un circuito a retroazione positiva: da un lato le istituzioni aventi il potere di rafforzare tale aspettativa (di fatto governi nazionali, enti transnazionali, corporazioni industriali, ma anche ONG ambientaliste) si attendono la totale traslazione dell'efficienza dai laboratori all'intera società, dall'altro lato tale attesa rafforza l'aspettativa stessa relativa all'efficacia in termini ambientali dell'efficienza. Questo punto verrà ripreso nel terzo capitolo.

b) Inserimento dell'effetto rimbalzo nei modelli di previsione

Recentemente il governo del Regno Unito, limitatamente alla previsione dei risultati dei programmi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici all'interno del più vasto “Carbon Emissions Reduction Programme”, ha deciso di ridurre i risparmi energetici previsti dalle stime ingegneristiche del 15%, tenendo conto dei divari già emersi nelle precedenti implementazioni di programmi simili (Maxwell et al. 2011).

Pur limitandosi a prendere in considerazione i soli effetti rimbalzo diretti, qui causati da un mutamento

delle abitudini di consumo di riscaldamento domestico, che ha portato a un aumento delle temperature nelle abitazioni, si tratta comunque del primo caso (e nel momento in cui si scriveva l'unico) nel quale l'effetto rimbalzo sia stato preso in considerazione per la previsione dei vantaggi ottenibili tramite misure basate sull'efficienza.

c) Informazione e comunicazione ambientale

Le altre misure che potrebbero ridurre l'entità dell'effetto rimbalzo si basano sul far venire meno le cause attivanti i suoi diversi meccanismi. Abbiamo quindi da un lato le campagne di informazione e di sensibilizzazione ambientale e dall'altro gli strumenti fiscali. Per quanto riguarda i primi, sebbene in Maxwell et al. (2011, pp. 53 e ss.) le potenzialità di tali misure vengano dettagliatamente messe in luce, emerge comunque il fatto che si tratti di potenzialità perlopiù suscettibili di ridurre l'entità degli effetti rimbalzo diretti, dal momento che in occasione di miglioramenti specifici nell'efficienza di determinati beni o servizi è possibile "concentrare" l'informazione nel suggerire le modalità di uso e di godimento dell'utilità di quegli specifici beni o servizi. Ridurre la possibilità di incorrere nella generazione di effetti rimbalzo indiretti richiederebbe campagne di promozione di più generali stili di vita sostenibili che riguardino tutti i più importanti capitoli di consumo e che riducano, quindi, l'attrattiva per tutti i tipi possibili di reinvestimento dei risparmi ottenuti tramite la maggiore efficienza.

d) Strumenti fiscali

Se l'effetto rimbalzo è anche (o principalmente) causato dalla riduzione dei prezzi resa possibile dall'incrementata efficienza, gli strumenti fiscali dovranno servire a fare in modo che il costo dei servizi energetici rimanga relativamente costante anche quando l'efficienza aumenta. Vengono individuate tre principali tipologie di misure fiscali finalizzate a ridurre l'effetto rimbalzo:

- Schemi bonus-malus: consistono nell'applicare una tassazione crescente in modo progressivo all'aumentare del livello di consumo;
- Tasse: sul consumo di energia e materia e/o sulle emissioni conseguenti, dovrebbero aumentare ad un tasso sufficiente a impedire l'aumento degli impatti derivanti dall'effetto rimbalzo e dalle conseguenze dell'eventuale aumento dei redditi;
- Limiti al consumo/alle emissioni (Maxwell et al., 2011; Alcott, 2008). Laddove le tasse e gli schemi bonus-malus cercano di influire sul livello di consumo modificando il prezzo di beni e servizi, tramite le quote (consumption caps) si agisce "a monte" stabilendo un tetto al livello di consumo. Secondo alcuni studiosi solo quest'ultima tipologia di misure può essere efficace nel contrastare l'effetto rimbalzo e il backfire.

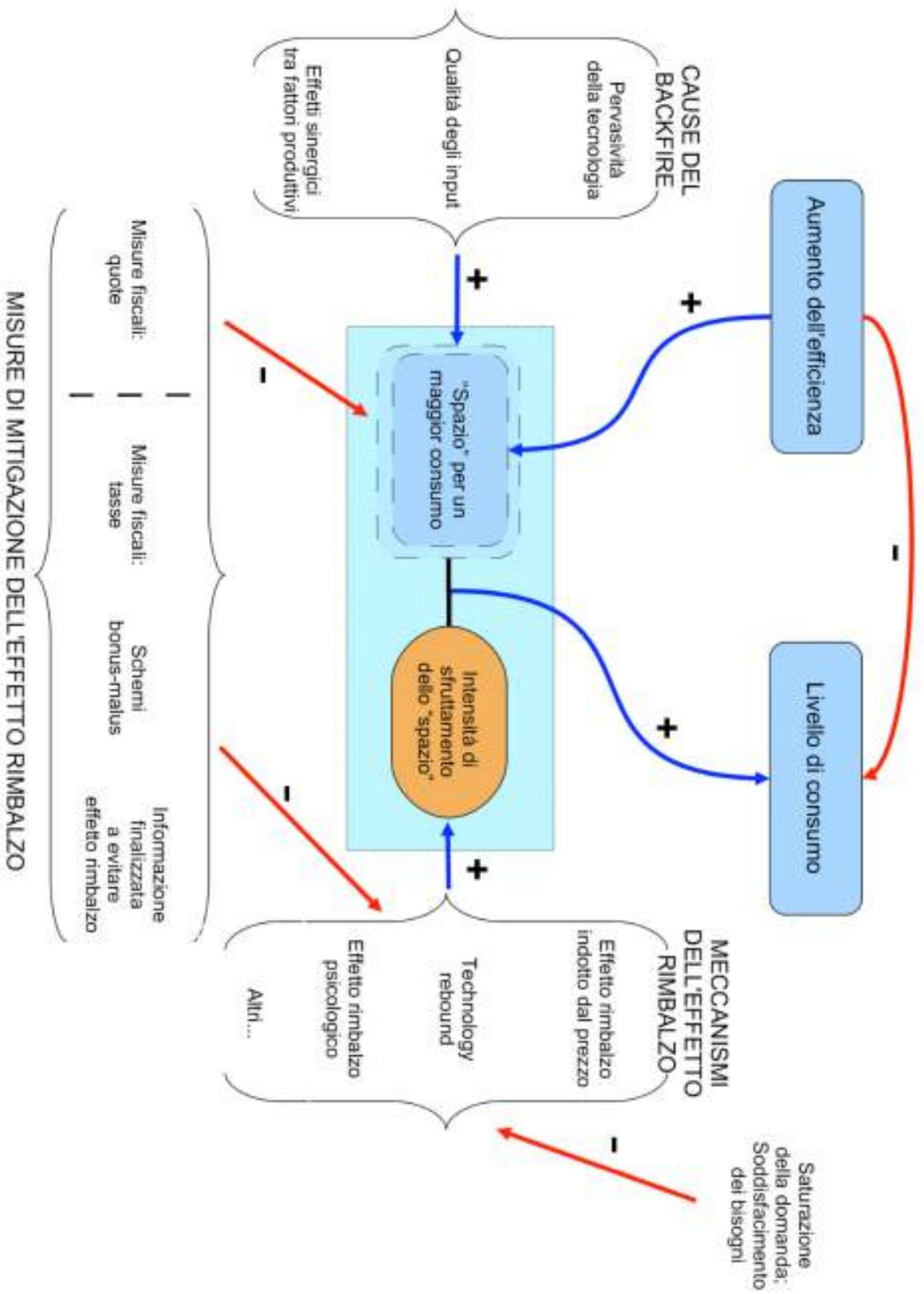
1.6. Conclusioni

Nella stessa letteratura sull'effetto rimbalzo, i modi in cui questo viene definito possono talvolta essere significativamente differenti, dipendendo dai fini operativi della ricerca in cui l'argomento viene trattato. Troviamo casi nei quali si mette in risalto l'effetto rimbalzo relativo all'uso di una risorsa naturale, anziché di tutte; casi in cui viene definito "effetto rimbalzo" solo ciò che altrove è definito "backfire"; casi in cui è posto l'accento sulle conseguenze (e magari solo su alcune in particolare) e altri in cui è posto sui meccanismi (magari solo su alcuni); casi in cui è inteso essere un fenomeno relativo alle misure finalizzate a miglioramenti dell'efficienza o casi in cui lo si intende come un fenomeno relativo ad altre misure per la riduzione degli impatti ambientali. Secondo Sorrell (2007, p. 6) le ragioni dei disaccordi sull'effetto rim-

balzo possono essere in parte spiegate proprio dal fatto che non si stia parlando delle stesse cose. Speriamo che la definizione qui proposta agli inizi del capitolo sia stata utile per comprendere il discorso che si è poi intrapreso. Per concludere questo capitolo e per dare ragione del discorso che seguirà nei capitoli successivi si propone un'altra definizione che, a nostro parere, è in grado di far maggiore luce sul fenomeno analizzato. La definizione che proponiamo è di Sanne (2000) per il quale l'effetto rimbalzo "... indica gli effetti complessivi del progresso tecnico, organizzativo e sociale che incrementano l'efficienza dell'economia e "creano spazio" per un maggior consumo".

Parlare di "creazione di spazio" ha il vantaggio di non indicare né il tempo e i luoghi, né le pratiche e i soggetti che lo colmeranno. Aiuta inoltre a liberare dalle possibili interpretazioni che l'utilizzo dello stesso termine "rimbalzo" potrebbe suggerire: un fenomeno che succede (pressoché simultaneamente) al contatto di corpi e che dipende dalle loro proprietà fisiche nonché dalle altre forze (quale la forza di gravità) che agiscono su di essi. L'aumento dell'efficienza, quale che sia il fattore divenuto più produttivo - e non mutando le altre condizioni - non porta inevitabilmente e/o immediatamente all'aumento del consumo (qui inteso in senso generale e non solo come aumento del consumo di una o più risorse), ma porta sì inevitabilmente alla possibilità di aumentarlo. La maggiore efficienza crea appena lo spazio per tale possibilità, spazio che - in base a quanto abbiamo detto - sarà tanto più grande quanto più questa sarà stata ottenuta in una tecnologia cosiddetta pervasiva, e che verrà colmato tanto più rapidamente quanto meno si sarà in presenza di alti livelli di saturazione della domanda e di generale soddisfacimento dei bisogni. Lo schema più sotto cerca di rappresentare graficamente i processi che conducono a (e che possono ridurre) l'effetto rimbalzo.

È l'effetto rimbalzo un fenomeno che diventerà sempre meno rilevante nelle società affluenti? Si è già raggiunto un livello di benessere tale per cui lo spazio per un maggiore consumo rimarrà libero e verrà semmai ad essere riempito ormai solo più (o prevalentemente) dalle altre popolazioni del pianeta? Sarà anche a queste ultime domande che i prossimi due capitoli si faranno carico di rispondere.



2 IL MODELLO “STOCKS E FLUSSI:” IL CASO DELLE ICT

Mauro Bonaiuti

Quello che segue è il tentativo di estendere il modello “stock e flussi” introdotto da Georgescu-Roegen all’inizio degli anni Settanta (G-R, 1971b), al più vasto contesto relativo alla sostenibilità dei processi (fisici, biologici e sociali). Tale approccio verrà poi applicato ad un caso particolare: quello delle ICT (Information & Communication Technology).

Come vedremo questo ci porterà 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 Georgescu stesso non si azzardò a sorpassare, giungendo ad adottare un approccio compiutamente sistemico, ispirato alla scienza della complessità. Ne scaturiranno alcune scelte metodologiche su cui si basa l’analisi del caso di studio qui presentato. Va detto che più che di un “modello” si tratta di una sorta di metodo per pensare, che può essere applicato a diversi contesti operativi e a diverse scale (globale, micro, o “territoriale”).

Per quanto, come si è detto, i significati che attribuiamo oggi ai concetti fondamentali su cui si basa il nostro approccio sono in parte diversi rispetto a quelli utilizzati da G-R, ciò che lo caratterizza è, oggi come allora, 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.

Non a caso, in termini filosofici, la distinzione tra stocks e flussi affonda le proprie radici nella più ampia contrapposizione tra essere (being) e divenire (becoming), una contrapposizione che ha attraversato buona parte della filosofia Occidentale. Se è vero, come ha affermato Jorge Luis Borges, che la storia universale non è altro che la storia di una manciata di metafore, non vi è dubbio che la metafora dell’immutabilità dell’essere ha segnato profondamente il pensiero in Occidente, ed in particolare la filosofia della scienza. Dalla Grecia di Parmenide, attraverso Bruno e Pascal essa giunge sino alla meccanica classica, per raggiungere probabilmente la sua più compiuta manifestazione nel principio di conservazione dell’energia. Dalla fisica classica essa viene trasferita all’economia.³ Come ha mostrato Philip Mirowsky (1989), non si è trattato di una semplice affinità di ispirazione, ma di un vero e proprio programma di costruzione della scienza economica come “meccanica dell’utilità”, trasferendo, quasi parola per parola e segno per segno, i principi della fisica classica nell’economia. È stupefacente notare, se si pensa alla scarsa consapevolezza, tra gli economisti contemporanei, dell’importanza di questo passaggio, come, viceversa, Jevons e gli altri padri fondatori dell’economia neoclassica, perseguirono questo programma con determinazione e sistematicità, e lo scrissero pure.

Ma in che senso questo coagularsi della scienza economica moderna attorno alla metafora dell’equilibrio e dell’invariabilità dell’essere è stata determinante nel segnare l’impostazione con cui gli economisti, e gli scienziati sociali in generale, hanno affrontato le questioni relative alla sostenibilità? In sintesi potremmo dire che si è verificato un autentico paradosso: la fede da questi riposta nell’invarianza e nella conservazione degli stocks ha permesso a questi ultimi di scomparire dall’analisi⁴. Si pensi, ad esempio alla natura

³ Quanto ancora oggi l’economia neoclassica sia strutturata secondo i principi della fisica classica è stato dimostrato con dovizia di dettagli analitici da Philip Mirowski in *More heat than light*, oltre, naturalmente, che dallo stesso Georgescu-Roegen (1971b).

⁴ Per farsi un’idea di quanto la metafora dell’immutabilità dell’essere sia pervasiva all’interno del pensiero scientifico moderno,

(intesa come patrimonio di risorse, ecosistemi, biodiversità) ai saperi e alle culture, ma anche, a scala più ridotta, al “territorio” e alle sue “ricchezze” (commons)⁵. Poiché la funzione essenziale degli stock è quella di garantire la conservazione dei flussi nel tempo, o, più precisamente, di garantire la capacità di questi di offrire servizi (ecologici e sociali) per le generazioni presenti e future, si comprende come la loro scomparsa dall’analisi economica, nonché dalla statistica ufficiale,⁶ sia stata foriera delle conseguenze drammatiche che tutti abbiamo sotto gli occhi.

Speculare alla scomparsa degli stock dall’analisi e dalle fonti statistiche è stata naturalmente la centralità assunta dalle variabili di flusso. Basti pensare, nel caso dell’economia, a consumi, investimenti, flussi finanziari oltre che, primo fra tutti, il Prodotto interno lordo. Questo “complesso del flusso”, come lo chiamava G-R, fa tutt’uno con l’incapacità della nostra società di cogliere le trasformazioni lente (degli stock), ma determinanti sui tempi lunghi e quindi la possibilità di immaginare e progettare un futuro sostenibile.

Su un fronte completamente diverso e per molti versi opposto, gli studiosi di complessità ci dicono oggi, viceversa, che tutto è cambiamento. Non esistono entità immutabili ed il continuo fluire dei processi comporta nel tempo non solo la trasformazione delle strutture, ma persino delle funzioni verso le quali si indirizza ciascun processo (Lane et al. 2009). Paradossalmente le conseguenze sono le medesime: tutto è flusso e di nuovo gli stock scompaiono dall’immaginario e dalla ricerca di base e applicativa. In un certo senso, l’approccio che qui si propone tenta di trovare un equilibrio tra queste due posizioni estreme. Consapevoli che nel lunghissimo periodo “tutto è cambiamento” ma che al tempo stesso le questioni inerenti la sostenibilità implicano una scala spazio temporale intermedia (orientativamente da 10 a 102 anni) per la quale il mantenimento di alcune “funzioni fondamentali” (soprattutto a livello dei sistemi biologici, ma anche di quelli sociali e valoriali) è il risultato di qualche invarianza nelle strutture che le sostengono. Una invarianza che va riconosciuta, analizzata, discussa e, infine, garantita. Ne potremmo concludere, in termini generali, che il tentativo di definire operativamente la sostenibilità si misura con la ricerca continua di questo delicato equilibrio tra permanenza e mutamento. In questa prospettiva la “riabilitazione” dell’approccio “stock e flussi,” introdotto da G-R più di quarant’anni or sono, ci sembra fecondo e passibile di nuovi sviluppi operativi.

2.1. Dai limiti della teoria neoclassica della produzione all’approccio fondi e flussi

Un modo per introdurre l’approccio stock e flussi è quello di ripercorrere le fasi essenziali che hanno portato alla sua elaborazione. La sua prima formulazione venne elaborata da Georgescu-Roegen⁷ nell’ambito della critica alla teoria della produzione neoclassica. Da qui dunque prenderemo le mosse. Questa è basata – come noto - su una funzione aggregata di produzione del tipo:

$$Q = A f(K, L, R)$$

basti pensare che persino all’interno dell’ecological economics, per altri versi esplicitamente critica dell’ortodossia neoclassica, la definizione stessa di sostenibilità (forte) si fonda sull’idea di mantenere “intatto” il capitale naturale (Daly, 1990).

5 È importante osservare che questi “stock” sono sovente costituiti da ciò che, in altri contesti, indichiamo come beni comuni (commons).

6 Alcuni tentativi di ovviare a questa macroscopica insufficienza sul piano della contabilità ambientale sono stati avviati in tempi recenti. Un esempio significativo è offerto dalla Commissione istituita dal Presidente francese Sarkozy. Nel Report curato dalla Commissione, di cui hanno fatto parte i noti economisti Fitoussi, Sen e Stiglitz, si legge tra l’altro dell’importanza, a fianco delle stime delle variabili di flusso, di considerare le variabili di stock.

7 Cfr. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law*, 1971b, cap. IX “The Analytical Representation of a Process and the Economics of Production” e successivamente, in modo più sintetico, nel saggio *Ricette fattibili contro tecnologie vitali*, in *Bioeconomia*, 2003.

Ciò significa essenzialmente che la produzione di beni e servizi (Q) cresce al crescere della quantità di inputs impiegati e cioè del lavoro (L), del capitale (K) e del progresso tecnologico (A).

Soprattutto essa assume che sia possibile produrre una qualsiasi quantità di prodotto, (Q₀) riducendo a piacimento le risorse naturali (R), purché venga aumentato sufficientemente lo stock di capitale.⁸ In altre parole, la teoria neoclassica assume completa sostituibilità fra gli inputs, in particolare tra risorse naturali e capitale fabbricato dall'uomo. Una assunzione che, non a caso, è anche alla base della definizione neoclassica di sviluppo sostenibile. Ciò significa che - come è arrivato ad affermare il premio Nobel per l'economia Robert Solow - "non c'è in linea di principio alcun problema, il mondo può, in effetti, andare avanti senza risorse naturali".⁹

È possibile dimostrare, tuttavia, seguendo l'approccio bioeconomico, che tale assunzione viola le leggi della termodinamica. Se, come affermano i neoclassici, la funzione di produzione altro non è che una ricetta, Solow e Stiglitz implicitamente affermano che sarà possibile, riducendo la quantità di farina, cuocersi una pizza più grande semplicemente utilizzando un forno tecnologicamente più avanzato, oppure due cuochi al posto di uno. Com'è evidente, questa formulazione semplicemente non rispetta il bilancio dei materiali: un modo diverso di leggere la prima legge della termodinamica. È evidente infatti che il flusso di materia che entra complessivamente nel processo di produzione, deve coincidere con il flusso di materia in uscita (beni prodotti + rifiuti) e che - pertanto - un aumento delle quantità prodotte implica un aumento del prelievo di risorse dagli ecosistemi.

Se un errore così macroscopico esprime, da un lato, l'incapacità della teoria neoclassica di fare i conti con i fondamenti biofisici del processo economico, dall'altro esso rivela, secondo G-R, un disagio ancor più profondo: l'incapacità di distinguere l'essere dal divenire, in altre parole di includere la variabile tempo all'interno del processo economico. Ecco dunque che la teoria della produzione neoclassica confonde nella stessa funzione ciò che viene trasformato - le risorse naturali - con ciò che è agente di trasformazione (il lavoro e il capitale), confonde cioè, i flussi con i fondi implicati nel processo. Mentre i flussi in input (la farina nell'esempio) subiscono un processo di trasformazione e pertanto non sono più presenti come tali al termine del processo, i secondi (cuochi e forno) nonostante non siano esenti - come vedremo - dal problema del cambiamento, sono ancora presenti e riconoscibili come tali al termine del processo. In sostanza fondi e flussi esibiscono innanzitutto un diverso comportamento rispetto al tempo, che come è facile intuire, rappresenta una dimensione essenziale per affrontare i problemi connessi alla sostenibilità di un processo. Questa tensione, che caratterizza l'approccio di G-R, di integrare l'analisi sincronica o prevalentemente strutturale, (l'essere), con la dimensione evolutiva (il divenire), pur mantenendo per quanto possibile un alto rigore analitico, rappresenta il tratto metodologico forte e distintivo dell'approccio fondi e flussi che egli venne elaborando a partire dalla fine degli anni Sessanta¹⁰.

Sin qui la nostra analisi segue, ed anzi si innesta, sulla teoria della produzione di Georgescu-Roegen. La nostra proposta tuttavia, tenta al tempo stesso di superare alcuni limiti del modello roegeniano, giungendo a un approccio compiutamente sistemico. Prima tuttavia di addentrarci in queste differenze, vorremmo chiarire meglio i fondamenti dell'approccio di Georgescu-Roegen.

8 Assumendo che la funzione di produzione assuma la tradizionale forma tipo Cobb Douglas utilizzata da Solow/Stiglitz:

$$Q = K^{\alpha} R^{\beta} L^{\gamma}$$

Sarà possibile produrre qualsiasi output Q₀ aumentando la quantità di capitale e riducendo indefinitamente la quantità di risorse naturali secondo l'espressione: $R\beta = Q_0 / K^{\alpha} L^{\gamma}$

9 Cfr. Robert. M. Solow, *The economics of resources or the resources of economics*, American Economics Review, 1974, p. 11.

10 Georgescu-Roegen, che aveva perfettamente compreso quanto il problema del cambiamento fosse centrale per una corretta comprensione del processo economico, non a caso, ha posto la distinzione tra fondi e flussi a fondamento della propria analisi del processo di produzione.

2.2. Stocks, flussi, fondi e servizi nell'approccio di G-R

Iniziamo richiamando una rappresentazione sintetica del modello.¹¹ In questa versione il processo di produzione viene rappresentato mediante tre tipologie di fattori fondo che coincidono con i fattori base di produzione secondo l'economia classica: Forza lavoro (H), Capitale (K) e Terra ricardiana (L). Ad essi si accompagnano quattro tipologie di fattori di flusso, due in input, rispettivamente dalla natura (risorse naturali, r) e da altri processi (prodotti intermedi, i). Prodotti finiti (qi) e scarti (wi) costituiscono le due tipologie di flussi in uscita.

Consideriamo il concetto di flusso. Nella cornice epistemologica della meccanica classica un "flusso" può essere definito semplicemente come la differenza tra due quantità di uno stock in due diverse istanti di tempo (G-R 1971b, p. 221)

$$\Delta S = S(t_1) - S(t_0)$$

Non vi è alcun dubbio che se sottraiamo una certa quantità di petrolio da un dato stock iniziale otterremo una minore quantità della stessa sostanza "petrolio". In altre parole, se intesi in questo modo, stock e flussi appartengono alla medesima "sostanza" ed è possibile passare dall'uno all'altro attraverso semplici operazioni di sussunzione o sottrazione. La nozione di "stock" secondo la fisica classica lascerebbe dunque intendere implicitamente che il solo cambiamento possibile è quello trattato dalle leggi della meccanica: il movimento. Le cose non sono tuttavia sempre così semplici. Se sottraiamo alcune parti da un aereo in volo ciò che otterremo non ha nulla a che vedere con un aereo più piccolo. G-R - che segue qui l'operazionismo di P. W. Bridgman (premio Nobel per la Fisica) - è ben consapevole che la sottrazione, come la sussunzione, è una proprietà fisica degli elementi, definibile o meno in termini di precise operazioni, di cui non tutte le entità godono¹². Naturalmente tra i due casi estremi che abbiamo presentato sono possibile diverse situazioni intermedie.

Il processo di produzione, così come descritto dalla funzione di produzione neoclassica, sembra uno di questi: sia i flussi in input del processo, che l'output sono misurabili cardinalmente ed è in generale possibile stabilire una relazione matematica tra le une e le altre a anche se questa non è in genere lineare. Come ci insegna la teoria dei sistemi, la presenza di una relazione non lineare tra input e output di un processo è un chiaro indice che qualche trasformazione qualitativa è in corso. Questo è infatti precisamente ciò che avviene nel processo di produzione: materia/energia, lavoro e capitale vengono combinati secondo certi particolari modalità: ciò che "emerge" dal processo è, appunto, il "prodotto" di tale trasformazione qualitativa.

Quanto detto ci permette di sottolineare un punto importante nell'ontologia di G-R: il tipo di relazione che esiste tra ciò che entra nel processo produttivo (i flussi) e ciò che ancora presente al termine del processo (gli stocks di capitale e lavoro secondo la terminologia neoclassica) non è una relazione di "sussunzione" del tipo di quella descritta nell'esempio del petrolio. Di conseguenza capitale e lavoro, non sono definibili come "stocks" nel senso che essi non sono il risultato di semplici processi di "accumulazione o decumulazione". È per questo motivo che G-R suggerisce l'utilizzo del termine "fondo."

¹¹ Seguiremo qui la versione presentata da G-R nel saggio del 1984 apparso sull'Atlantic Economic Journal, probabilmente la versione più aggiornata e sintetica del modello.

¹² Allo stesso modo non è sempre vero che un elemento più un altro elemento fa due elementi. L'unione di un chilo di polvere pirica e di un fiammifero da luogo a qualcosa di ben diverso da due elementi, come A. N. Whitehead aveva già osservato nel suo ... Georgescu-Roegen nota, che in generale gli elementi che godono delle proprietà di sussunzione e sottrazione sono misurabili cardinalmente e dunque trattabili con gli strumenti della matematica e della fisica classica.

I **fondi** sono per G-R “agenti” di produzione, oggi diremmo, utilizzando una terminologia consueta agli studiosi di complessità, “strutture”, cioè particolari insiemi di relazioni tra parti. Un forno ad esempio, può essere utilizzato per un certo tempo a certi scopi, ma non può essere “accumulato” o “decumulato” nello stesso senso in cui lo può essere uno stock di carbone. Allo stesso modo un lavoratore, o ancor più una certa “organizzazione del lavoro”, è portatrice di un insieme specifico di qualità che influenzeranno i processi in cui entra a far parte e che pertanto non possono essere semplicemente “sussunte” in un dato quantitativo. G-R, allievo di Schumpeter, ha qui ben chiara l’idea che l’insieme (il fondo) rappresenta, per usare una formula nota, “qualcosa di diverso dalla somma delle parti”.

D’altra parte i **flussi** vengono definiti da G-R come quei fattori di produzione che attraversano il confine del processo una sola volta, o in entrata o in uscita. Essi subiscono pertanto un processo di trasformazione attraversando il confine del processo. Anche da questa definizione seguono alcune osservazioni interessanti. La prima è che l’individuazione di un confine (boundary) del processo è indispensabile per l’individuazione dei flussi sia in entrata che in uscita: in altre parole no boundary no flow. Inoltre, la trasformazione a cui sono generalmente soggetti i flussi una volta attraversato il confine del processo, fa sì che, nel modello di G-R, a ciascuna tipologia di flusso non corrisponda generalmente una stessa tipologia di “fondo”¹³.

Fondi e flussi differiscono dunque per il loro carattere (accumulabile o meno) e di conseguenza, per il diverso comportamento che esibiscono nel tempo. Se, per riprendere l’esempio precedente, disponiamo di uno stock di 1000 litri di petrolio possiamo decidere di consumarli tutti oggi oppure decidere di consumare un litro al giorno per mille giorni oppure anche di soddisfare mille consumatori diversi per un giorno. Ma se disponiamo di una casa (fondo) utilizzabile per mille giorni, non possiamo soddisfare mille persone oggi. Possiamo solo soddisfarne alcune oggi, magari altre la prossima settimana e così via ... “L’uso di un fondo implica, cioè, una durata ” (G-R 1971b, p. 226). Generalizzando possiamo dire che l’uso di un fondo implica un “processo” le cui caratteristiche (ad es. la sua durata) sono in generale condizionate dalla “struttura” del fondo stesso.

L’esempio precedente consente di introdurre un altro importante concetto, quello di **servizio di un fondo**. La casa, come gli altri fondi, (lavoro, capitale, terra ricardiana) sono in grado di generare “servizi” per un certo periodo di tempo. Una lampadina ad esempio, può offrire una certa luce per un certo numero di ore. Allo stesso modo un barbiere può offrire un certo servizio che sarà il risultato di un particolare “accoppiamento” fra strutture, tra le sue conoscenze, cioè, i suoi strumenti e le caratteristiche fisiche ed estetiche del suo cliente. Ne discendono due conclusioni importanti. La prima è che ci troviamo qui di fronte ad una relazione tra “strutture” che ha lo scopo di mantenere o modificare l’una o entrambe. Nei termini utilizzati da G-R il servizio di fondo va dunque distinto dalla “produzione” di beni che, viceversa, rappresenta un flusso. Egli sottolinea che l’utilizzo dell’espressione “flusso di servizi” per indicare il servizio di un fondo è impropria, e nasconde una differenza importante. I servizi, diversamente dai flussi, non possono essere “accumulati” come l’acqua in serbatoio o il denaro in un conto bancario. Il loro uso richiede tempo ed è condizionato alle caratteristiche strutturali del fondo. Non a caso, nota G-R, nel caso in cui flussi e servizi di un fondo siano misurabili, le rispettive dimensionalità (dimensionalities) differiscono. I flussi saranno misurati in unità (come risulta dalla formula precedente) o, più comunemente, in unità/tempo (rate flow). Un’impresa può dunque produrre, ad esempio, un flusso di 100 automobili al giorno. Al contrario il

¹³ Naturalmente è possibile immaginare che al variare dei flussi in ingresso (ad esempio al ridursi del flusso della produzione annua di petrolio) corrisponda una semplice decumulazione del corrispondente stock (riserve di petrolio) accumulato all’interno del processo. Questo tuttavia può semplicemente essere considerato un caso particolare del più generale processo di trasformazione qualitativa a cui i flussi partecipano.

servizio di un fondo sarà misurato in unità x tempo. Ad esempio un reparto ospedaliero con 10 letti può offrire in una giornata un servizio di 240 ore letto. Naturalmente resta la limitazione secondo cui non più di 10 pazienti al giorno potranno utilizzare la struttura.

2.3. Verso una teoria bioeconomica del benessere

Possiamo estendere il ragionamento sviluppato da G-R e sostenere che, mentre nella teoria neoclassica del consumatore l'utilità dipende unicamente dal flusso di beni consumati dall'individuo (secondo la tradizionale funzione di utilità), il benessere (o, per usare un'espressione più cara a G-R, la *joie de vivre*) dipenda, oltre che dai flussi, dal mantenimento da alcuni fondi¹⁴. Mentre i flussi verranno effettivamente "consumati" nel corso del processo, i fondi saranno ancora presenti al termine del processo stesso e nondimeno possono considerarsi responsabili del mantenimento di un certo livello di benessere (oltre che della sua ri-generazione nei processi futuri). In altre parole alcune "strutture", in virtù di certe proprie caratteristiche, esibiscono una certa capacità di sostenere il benessere (oltre che la vita stessa) nel tempo lungo. Mentre questa caratteristica sarà del tutto irrilevante seguendo l'approccio della teoria standard, (che non considera come sappiamo la dimensione temporale del processo) essa sarà invece imprescindibile in un approccio bioeconomico. Alcuni esempi aiuteranno a capire cosa intendiamo con maggiore precisione.

Il piacere che traiamo stando seduti nel giardino di casa leggendo un libro ha certamente richiesto in passato una attività di produzione (flusso) ma questi beni sono oggi presenti sotto forma di fondo. Tali beni richiedono, per essere goduti, solo di un modesto apporto di materia/energia per essere utilizzati e mantenuti nelle medesime condizioni in cui sono entrate nel processo. Che dunque il godimento della vita dipenda dai fondi oltre che dai flussi rappresenta una importante distinzione rispetto alla teoria standard. Da un punto di vista bioeconomico, infatti, casa e libro costituiscono un prezioso patrimonio di materia energia organizzata capace di generare benessere con apporti ulteriori molto modesti in termini di flussi. Viceversa è chiaro che tale patrimonio viene irreversibilmente perduto ogni che il bene viene distrutto per acquistarne uno "nuovo".

Generalizzando, se consideriamo il consumatore (o la famiglia) come agente, il processo di generazione della *joie de vivre* dipende, oltre che dal flusso di beni di consumo, da almeno tre grandi tipologie di fondi: Primo, l'insieme delle diverse strutture che compongono quello che con una definizione impropria¹⁵, ma ormai diffusa, è chiamato "capitale naturale". Per comprendere in che senso il capitale naturale assume un ruolo significativo nell'ambito del processo di generazione della *joie de vivre* basti immaginare cosa sarebbe del "godimento della vita" se non fosse garantita la conservazione del territorio e degli ecosistemi in cui viviamo. Per quanto il ruolo del capitale naturale sia più evidente (per quanto ancora trascurato) nella funzione di produzione (sia come input di risorse che come agente di trasformazione) un'analisi attenta ci renderà consapevoli che anche il processo di generazione della *joie de vivre* presuppone uno spazio fisico ed il mantenimento degli equilibri ecologici. È importante notare che alcune parti importanti del capitale naturale assumono, da un diverso punto di vista, lo status di beni comuni (acqua, aria, territorio, ecc.).

Secondo, lo stock di capitale in senso tradizionale: impianti (privati o pubblici), beni durevoli in possesso

¹⁴ G-R non ha mai applicato il modello fondi-flussi ad una critica della teoria standard del consumatore. Questo ci sembra tuttavia coerente con la sua visione e con una estensione in senso complesso del modello.

¹⁵ Sulla base di quanto detto dobbiamo ritenere l'espressione "capitale naturale" impropria per descrivere le caratteristiche di questo "fondo" in quanto si tratta evidentemente di una sistema complesso la cui struttura è formata da elementi tra loro qualitativamente eterogenei che pertanto non possono essere "sussunti" in un'unica dimensione, come appunto il sostantivo "capitale" sembra invece suggerire.

delle famiglie ed infrastrutture (in generale di proprietà pubblica) costituiscono gli esempi più significativi di questo fondo.

Terzo ed ultimo, quell'insieme di relazioni, saperi e conoscenze che con un'espressione ancora impropria, ma ormai invalsa, si definisce capitale sociale.

Considerare questi fondi sia dalla prospettiva del processo di produzione che da quello della generazione della *joie de vivre* ci ha portato a concludere che tutti e tre questi fondi rientrano sia nell'uno che nell'altro processo e che pertanto essi sono trasversali al processo economico tradizionalmente inteso (come ciclo tra produzione e consumo). Spetterà ai diversi modelli applicativi, una volta individuati gli agenti¹⁶, (populate the world) e la scala spazio-temporale di riferimento, stabilire quali sono le principali tipologie di fondo e di flusso rilevanti in quel contesto. In ogni caso possiamo concludere che, in generale, i flussi di beni e servizi non sono in grado, da soli, di generare alcun benessere. L'ipotesi standard in base alla quale l'utilità dipendeva esclusivamente dai flussi di beni e servizi "consumati" dagli individui, era giustificabile in un contesto in cui l'esistenza dei fondi (ecosistemi, beni durevoli, ma anche sistemi sociali e relazionali) non erano seriamente minacciati (empty world). È chiaro che nel contesto attuale (full world) queste condizioni non possono essere affatto date per scontate.

2.4. Dal modello fondi-flussi di G-R ad un approccio complesso

L'epistemologia sviluppata da G-R a partire dalle prime letture di filosofia della scienza negli anni Trenta (Bergson, Pearson, Whitehead) e poi precisata nei primi anni Sessanta attorno alla distinzione tra aritmorfismo e dialettica, poneva al centro il problema del "cambiamento". Egli era dunque ben consapevole che gli stessi fondi impiegati nel processo di produzione non potessero esserne esenti. Tuttavia – sorprendentemente - G-R sottopone il modello fondi e flussi ad una ipotesi che egli stesso definisce "eroica" secondo cui i fondi (lavoro, capitale, terra ricardiana) vengono considerati costanti in qualità, ossia non subiscono trasformazioni qualitative nel corso del processo. Per fare sì che tale ipotesi sia rispettata egli immagina che, nel processo di produzione, un flusso di materia/energia e lavoro (generalmente proveniente da altri processi) sia impiegato al fine di mantenere i fondi nelle medesime "condizioni di efficienza" in cui sono entrate nel processo. Questa ipotesi gli consentirà di trascurare, ad esempio, il logoramento subito dal capitale (gli impianti) nel corso del processo di produzione. Al di là di quanto questo semplice esempio lascerebbe pensare, le conseguenze di questa impostazione – che fa tutt'uno con la mancata introduzione dell'informazione tra i flussi del modello - sono di grande portata. Il carattere invariante assunto dai fondi nel processo di produzione lo porterà di fatto a lasciare l'innovazione fuori dall'orizzonte epistemologico del processo, con conseguenze di non poco conto.

Può apparire strano e addirittura stupefacente che G-R, dopo aver intrapreso uno straordinario sforzo epistemologico per mostrare l'ineluttabilità del Cambiamento (che, non a caso nei suoi lavori egli indicava con la lettera maiuscola) - in contrapposizione con il meccanicismo della scienza economica neoclassica - esiti qui a varcare la soglia di un compiuto approccio complesso.

Certo, se guardiamo all'opera di G-R nella sua interezza, in particolare agli sviluppi successivi al modello fondi-flussi, siamo costretti a riconoscere che cambiamento e innovazione non spariscono interamente dall'analisi. Essi rientreranno in particolare attraverso l'idea di "evoluzione esosomatica", con cui egli intende cogliere le grandi innovazioni tecnologiche (in particolare egli era solito insistere sul controllo del fuoco, l'invenzione dell'agricoltura, ed infine l'introduzione della macchina a vapore) che hanno seg-

¹⁶ Con il termine agenti intendiamo " un organizzazione di esseri umani e artefatti, nel nome di cui l'azione sociale è iniziata ed eseguita". (Lane, cit. ch. 1).

nato i grandi passaggi dell'evoluzione bioeconomica della specie umana. All'innovazione viene dunque assegnato un ruolo nello spiegare l'evoluzione, su scala storica, di quelle che egli amava definire le "trasformazioni prometeiche" della specie sapiens. Questa scompare tuttavia alla scala propria del processo di produzione. È vero che, rispetto alle grandi trasformazioni che abbiamo richiamato, il processo di produzione in senso stretto opera ad una scala di "breve periodo" in cui il cambiamento può certo essere considerato più lento. Va detto inoltre, cosa non insignificante per un matematico accusato di essere stato molto duro nei confronti degli eccessi di formalismo della scienza economica, che queste ipotesi gli consentono di mantenere una rappresentazione "analitica" del processo di produzione che ancora conserva il rigore della trattazione matematica (G-R, 2003). Nel complesso tuttavia, riteniamo che questa scelta si sia dimostrata insoddisfacente, in particolare se si intende estendere l'approccio stock e flussi all'analisi delle interazioni tra economia e biosfera¹⁷.

Nel proseguo della nostra analisi lasceremo dunque cadere l'ipotesi secondo cui i fondi (le strutture) siano costanti in qualità. Tale passaggio ci sembra sufficientemente motivato, oltre che dagli sviluppi successivi all'analisi di G-R, il particolare nell'ambito delle scienze della complessità, dal salto di scala implicito nell'estensione dell'approccio stock e flussi dall'analisi del processo di produzione in senso stretto a quello proprio delle interazioni tra economia e biosfera (sostenibilità). Questo passaggio comporta infatti un ampliamento della scala spazio-temporale di almeno un ordine di grandezza, (da 5 anni a 50 anni circa). Questo salto di scala implica inoltre un incremento significativo di complessità che ci porterà, tra l'altro, ad introdurre esplicitamente i sistemi socio-culturali umani, dunque il capitale sociale e l'informazione tra i fondi e i flussi considerati esplicitamente nel modello. Prima di addentrarci nell'analisi del nostro caso di studio dovremo considerare, dunque, alcune questioni epistemologiche che attengono al passaggio ad un più compiuto approccio di complessità.

2.5. Quale gerarchia tra sistemi?

La scienza della complessità ancora attende una "teoria generale" che ne sappia definire, in modo condiviso, i concetti fondamentali (ontologia) e le relazioni tra questi. Sin dai suoi esordi, tuttavia, alcuni autori hanno proposto di ordinare i diversi domini disciplinari secondo un ordine gerarchico. Già nella sua General System Theory del 1944 Von Bertalanffy presentava una proposta di organizzazione gerarchica degli ambiti fenomenici: una piramide alla cui base si trova la fisica, poi, salendo, la biologia sino alle scienze sociali e alla psicologia.

La questione è estremamente rilevante. Laddove infatti sia possibile definire una gerarchia tra gli ambiti fenomenici ne seguirebbe che le "leggi fondamentali" valide ai livelli più bassi si applicherebbero anche ai livelli superiori. In tempi più recenti Herbert Simon (1962, 1973) è ritornato sul problema, affermando che è possibile organizzare le parti di cui sono composti i sistemi complessi secondo una gerarchia di tipo inclusivo. In questo tipo di organizzazione ogni "entità" di livello "n" contiene un certo numero di entità del livello inferiore. Secondo Simon è possibile applicare questa rappresentazione all'intero dominio della realtà. Questo tipo di ordine gerarchico è ben rappresentato dalla metafora delle scatole cinesi: ogni scatola al livello n è contenuta in una sola scatola al livello n + 1., e così via.

¹⁷ Per quanto non vorremmo dilungarci qui sulle ragioni di questa scelta è chiaro che questo mettere tra parentesi l'innovazione affonda le proprie radici in una scelta di carattere pre-analitico, che ha a che vedere col fatto che G-R non vedeva di buon occhio tutti quei contributi, (come la stessa termodinamica del non equilibrio di Prigogine) che mettevano in discussione l'univocità delle sue conclusioni circa l'insostenibilità del processo economico (connesso all'irreversibile degradazione entropica della materia energia). Tale presa di posizione spiega probabilmente la rigidità dimostrata da G-R nel non rimettere in discussione, negli anni successivi, gli assunti fondamentali del modello fondi-flussi, in particolare a fronte degli sviluppi della scienza della complessità, sviluppi che si fondavano su una concezione epistemologica non dissimile dalla propria.

L'affermazione di Simon implica una ontologia forte. Se la realtà rispondesse pienamente alle caratteristiche suggerite dalla metafora delle scatole cinesi ne discenderebbero infatti alcune conseguenze particolarmente desiderabili per lo studio dei sistemi complessi, in particolare ciò implicherebbe che la dinamica delle interazioni tra le diverse entità sarebbe “quasi decomponibile” (nearly-decomposable):

“Near decomposability implies that processes too can be localized hierarchically: they consist mainly of interactions among entities at the same hierarchical level. Moreover, each level is characterized by a particular spatial and temporal scale for its entities and processes respectively. In particular, this permits scientists to study (Simonian) complex systems level by level: to follow processes at level n , properties and configurations of entities at level $n+1$ can be regarded as constants, since the processes through which they change are too slow to matter at the characteristic time scale for level n processes; and level $n-1$ processes are so rapid relative to this time scale that the scientist can assume they are at their equilibrium values as far as level n processes in which he is interested are concerned”. (Lane et al., 2009. Ch. 1)

Simon offre una serie di esempi di entità che si adatterebbero alla sua struttura gerarchica: dalle particelle elementare agli atomi sino a “insiemi di composti molecolari” che possono aggregarsi in “sostanze chimiche osservabili”. Da questo primo livello è possibile passare ad un secondo livello (biologico) nel quale dai “composti organici si procede verso le macromolecole, le cellule, gli organi sino agli organismi viventi. Attraverso un terzo livello che comprende geni cromosomi, DNA si arriva al livello dei sistemi sociali formato da individui, piccoli gruppi, e organizzazioni. Ma, singolarmente, è proprio a quest'ultimo livello che, secondo David Lane, si concentrano le maggiori difficoltà. Per quanto riguarda i sistemi sociali infatti Simon “non presenta argomenti che spieghino perchè la metafora delle scatole cinesi si applica a questa gerarchia e come questa gerarchia soddisfi la near-decomposability” (Lane et al, 2009). La metafora delle scatole cinesi suggerisce infatti che ogni scatola al livello n sia inclusa in solo una scatola al livello $n+1$, ma questo non sembra chiaramente il caso per quanto attiene i sistemi sociali: gli individui infatti possono partecipare a diversi piccoli gruppi, inoltre individui e piccoli gruppi possono essere parte ed interagire con una molteplicità di organizzazioni.

L'organizzazione orizzontale dei piccoli gruppi inoltre, per quanto privilegi alcuni nodi (hubs) e sfrutti legami deboli, difficilmente risponderà all'ipotesi simoniana del “loosely coupled”, come mostrano recenti ricerche sulle reti sociali (Barabàsi, 2004). Inoltre nella gerarchia simoniana la causazione muove in una sola direzione dal basso verso l'alto (upward causation) ossia dalle strutture elementari verso gli aggregati più complessi. Essa trascura dunque relazioni causali dall'alto verso il basso (downward causation) che al contrario, come vedremo, sono particolarmente rilevanti nelle dinamiche che coinvolgono sistemi sociali, i sistemi, cioè, capaci di esprimere una volontà di azione e dunque una capacità di scelta tra processi alternativi. In questi casi infatti le decisioni prese da questo genere di organizzazioni possono incidere, ad esempio, sulla sottostante base biofisica.

Sistemi a diversi livelli della gerarchia sono dunque generalmente mutuamente connessi mediante anelli di feedback che muovono sia dal basso verso l'alto che viceversa (tangled hierarchies), e ben difficilmente sarà possibile studiare le dinamiche che coinvolgono i sistemi sociali “livello per livello”, ipotizzando irrilevanti i fenomeni che avvengono a scale diverse, come suggerirebbe la metafora delle scatole cinesi. In conclusione l'ipotesi simoniana secondo cui sia possibile offrire una architettura della complessità basata su una gerarchia inclusiva non sembra applicabile all'intero dominio del reale, in particolare per quanto attiene i sistemi socio culturali umani.

Questa conclusione è ricca di conseguenze per noi e per la cornice interpretativa che qui si intende sviluppare. Se infatti è vero che all'interno delle scienze sociali non è generalmente possibile definire alcuna gerarchia di tipo inclusivo ne consegue che non è possibile, a questo livello, stabilire alcun ordine gerarchico tra le "leggi" dei rispettivi domini disciplinari. In effetti così sembrano stare le cose: se esiste un ordine che consente di distinguere le diverse scienze sociali esso sembra essere di tipo funzionale, attiene cioè al tipo di fenomeni che ciascuna disciplina studia: così, ad esempio, l'economia si occupa della produzione, dello scambio, del consumo, la sociologia studia l'organizzazione sociale, l'antropologia la cultura, le scienze politiche le istituzioni, il potere, ecc.). Tuttavia all'interno di ciascuna di queste discipline, la scala dei fenomeni studiati differisce enormemente, muovendo dal micro (scala individuale) al macro (intera società). Questo stato di cose non consente generalmente di ordinare in modo semplice, tanto meno gerarchicamente, la conoscenza proveniente da questi diversi ambiti (Latour, 2004). D'altra parte, questo non significa che, in alcuni casi, sia possibile stabilire una gerarchia, anche di tipo inclusivo, muovendo, per esempio, dai sistemi fisici ai sistemi biologici o all'interno di queste due tipologie, e persino muovendo dai sistemi biofisici a quelli sociali.

Le cose risultano inoltre complicate dal fatto che concetto di gerarchia è un concetto che può assumere una pluralità di significati. Gli scienziati naturali e i geografi, per esempio, utilizzano il concetto di gerarchia in senso spaziale. In questo senso, ad esempio una città appartiene ad una regione che appartiene ad un continente etc. Questo è anche il senso generalmente utilizzato nell'ambito dell'ecological economics per descrivere le relazioni tra economia, società e natura come sistemi aperti (vedi ad esempio Victor, 2008, p. 37). Secondo questa rappresentazione, spesso utilizzata nella manualistica, il sistema economico-sociale è visto come "parte" della natura, nello stesso senso appunto in cui, ad esempio, un'impresa è "parte" del territorio in cui si trovano i suoi impianti. Questa rappresentazione è senza dubbio corretta ed efficace per esprimere l'idea che i sistemi naturali e quelli sociali sono mutualmente interdipendenti e soprattutto l'idea che il sistema socioeconomico poggia su un "substrato" biofisico e che, quindi, le "leggi" economiche non possono prescindere dalle leggi fisiche e biologiche, come ad, esempio, il Secondo principio della termodinamica. Questa rappresentazione, tuttavia, è fonte di confusione nel momento in cui, rappresentando l'economia come un sottoinsieme della biosfera, siamo portati a pensare che la prima sia gerarchicamente subordinata alla seconda. Come si diceva essa lo è da un punto di vista spaziale ma non lo è se intendiamo la gerarchia in termini di complessità delle strutture. In questo senso, infatti, il sistema socio economico si troverà generalmente ad un livello gerarchico superiore e sarà in grado di "agire" sui livelli inferiori esprimendo una propria specifica funzionalità.

In quanto segue analizzeremo le organizzazioni di cui popoleremo il nostro mondo in termini di gerarchie di livello. In generale considereremo tre livelli: organizzazioni di tipo fisico (P organizations), organizzazioni di tipo biologico (B organizations) e infine organizzazioni socio-culturali umane (S organizations).

Come si è detto le entità a ciascun livello possono, attraverso le loro interazioni, costituire e sostenere entità di livello superiore, pertanto gerarchie di livello possono formare gerarchie inclusive (simoniane), ma non necessariamente. Particelle elementari, atomi, molecole rappresentano un esempio di gerarchia inclusiva. Al contrario individui, gruppi, imprese costituiscono gerarchie di livello non inclusive in quanto, come si detto, alla scala temporale per noi rilevante, gli stessi individui possono fare parte di più gruppi, i gruppi di più organizzazioni ecc.

Ad esempio, nell'ambito dell'ordinamento linguistico, la gerarchia composta da lettere, parole, frasi testi, rappresenta un altro esempio di gerarchia di livello non simoniana - in quanto ciascuna lettera può far parte di più parole, ciascuna parola di più frasi ecc.¹⁸

2.6. Strutture, processi, funzioni

Le categorie che utilizzeremo in seguito si basano sull'ontologia proposta da David Lane, essa ci consente di fornire un significato preciso a termini spesso usati in modo generico oltre ad essere particolarmente efficace nel cogliere le differenze che caratterizzano i sistemi fisici, biologici e sociali, un aspetto per noi assai rilevante. La letteratura corrente sui temi della sostenibilità infatti o semplicemente si limita a trascurare variabili di ordine socio-culturale, oppure, quando queste sono incluse, lo sono in maniera tale da generare confusione sia tra i diversi livelli della gerarchia, sia rispetto alle diverse attribuzioni e funzioni presenti a vari livelli.

Secondo Lane è possibile descrivere le organizzazioni che popolano il nostro universo attraverso le relazioni tra tre aspetti fondamentali: strutture processi e funzioni.

La struttura di una organizzazione “descrive le sue parti (in termini di energia, materia e informazione), le modalità di interazioni tra le parti, nonché le modalità con cui l'organizzazione interagisce con le altre organizzazioni”. Quelli che G-R definiva “fondi” possiamo intenderli generalmente come “strutture” nel senso sopra definito. Oltre all'insieme di regole e relazioni (rules and relationships¹⁹) tra le parti che tipicamente formano la struttura di una organizzazione è importante cogliere il fatto che alcune tipologie di strutture contengono al proprio interno ciò che definiamo “rappresentazioni”. Le rappresentazioni comprendono “ciò che può essere definito il sistema di classificazione o sistema cognitivo dell'organizzazione”. Questo consente all'organizzazione di disporre di una visione o appunto una rappresentazione del mondo in cui si trova. Come vedremo non tutti i sistemi sono provvisti di tali strutture. In genere essi saranno presente solo a livello dei sistemi biologici e sociali, ed in forme diverse. Il principale limite dell'approccio stock e flussi di G-R sta probabilmente nell'aver trascurato questo genere di strutture e di conseguenza gli effetti che, specie nel tempo lungo, esse assumono nel condizionare la sostenibilità dei processi.

Diversamente i processi descrivono le trasformazioni (tipicamente nelle strutture e nelle funzioni) a cui l'organizzazione può partecipare. L'analisi dei flussi (di materia energia e organizzazione) che attraversano la frontiera di un processo, rappresenta il modo attraverso cui, tipicamente, possiamo offrire una descrizione analitica del processo stesso.

Infine intendiamo per funzioni (di una organizzazione) ciò che fornisce orientamento/direzione (directedness) alle azioni dell'organizzazione stessa. In altre parole le funzioni determinano quale processo l'organizzazione seguirà, “quando si trova in contesto nel quale possibile seguire più di un processo”. Come vedremo non tutte le organizzazioni dispongono di funzioni: in generale queste non sono necessarie per spiegare il comportamento dei sistemi fisici mentre divengono essenziali per comprendere il funzionamento dei sistemi biologici e sociali.

¹⁸ Cf. D. Lane, (2006) Hierachy, Complexity, Society cit. p. 4.

¹⁹ Con i termini “regole” (rules) e “relazioni” (relationships) intendiamo tutto ciò che determina le modalità di comportamento dell'organizzazione, le sue possibilità di interazione, sia in quanto condizionate dalla storia dell'organizzazione stessa, sia per quanto riguarda le modalità di interazione con altre organizzazioni. Per i nostri scopi non è generalmente necessario distinguere tra queste ultime due tipologie, per cui parleremo in generale di Relationships/Rules comprendendo sia le une che le altre.

2.7 Cosa distingue sistemi fisici, biologici e sociali?

Secondo Lane le modalità di interazione che caratterizzano i sistemi fisici (P- organizations) assumono generalmente la forma di “forze”. Le organizzazioni che abitano questo mondo sono il prodotto delle interazioni tra tali “campi di forze”, ed i processi osservabili a questo livello dipendono dalla struttura (condizioni iniziali + forze) ed, eventualmente, dal caso. Per quanto, anche a questo livello, si riscontri l’emergere di nuove organizzazioni, non vi è alcuna necessità, per spiegare i processi nell’ambito dei sistemi fisici, di introdurre “rappresentazioni” e “funzioni”.

Al contrario i sistemi biologici (B-organizations) esercitano una continua attività di “monitoraggio” del mondo in cui si trovano. Per svolgere questo compito essi devono formarsi una “rappresentazione” del mondo in cui vivono, sotto forma di categorie che, per quanto “a grana grossa”, consentano di reagire adeguatamente ai segnali (signaling) provenienti dall’ambiente. Ad esempio organismi unicellulari sono in grado di stimare il gradiente di un certo composto chimico presente nell’ambiente, e di muoversi nella direzione in cui tale gradiente è maggiore o minore. Tuttavia non vi è, a questo livello, alcuna necessità di introdurre nelle “rappresentazioni” qualche forma di “interpretazione semantica” o simili.

Tuttavia, a differenza di quanto accade nei sistemi fisici, le organizzazioni biologiche si trovano inserite in contesti in cui possono seguire diverse modalità di interazione (e dunque diverse regole). Esse devono dunque disporre di modi per “decidere” quali regole attivare. Questo è precisamente il ruolo di ciò che abbiamo chiamato “funzioni”. Una funzione fornisce “direttività” o “orientamento” alle interazioni dell’organizzazione. Nei sistemi biologici sono presenti una pluralità di funzioni, che tuttavia risultano subordinate alla funzione - che possiamo definire “primaria” - di “sopravvivenza e riproduzione”. Il ruolo delle funzioni è dunque quello di attribuire un “valore” ai processi in cui l’organizzazione è inserita, generalmente attraverso specifici meccanismi di rinforzo (feedback). La teoria darwiniana ha offerto una spiegazione molto convincente di come, nelle organizzazioni di tipo B, le trasformazioni delle strutture siano guidate dalle funzioni, ed in particolare dalla funzione di sopravvivenza e riproduzione che presenta, diversamente dalle strutture, un carattere grande stabilità. Certo è possibile immaginare di comprendere il concetto di funzione in quello di struttura, ma proprio la teoria darwiniana ci consente di capire quanto questa distinzione si dimostri utile per comprendere l’evoluzione biologica.

Nelle organizzazioni sociali (human socio-cultural organizations or S-organizations), infine, diversamente da quanto accade nelle organizzazioni di tipo P, le rappresentazioni assumono un ruolo cruciale. Attraverso tali rappresentazioni esse definiscono quali entità fanno parte del proprio mondo (populate their world), attribuiscono a ciascuna di esse una identità (di che tipo di organizzazioni si tratta, cosa fanno, ecc.). Inoltre le organizzazioni di tipo S usano un insieme di “forme narrative” che esprimono cosa ci si può attendere che accada quando certe entità interagiscano in un certo modo, e agiscono di conseguenza. In altre parole ciò che intendiamo per “rappresentazione” comprende la capacità di simulare interazioni reali. Le rappresentazioni comprendono anche “attribuzioni di funzionalità”, ossia le organizzazioni di tipo S “fanno cose perché desiderano qualcosa.” Nel caso questo qualcosa non sia raggiunto, esse, utilizzando le capacità di simulazione sopra descritte, generano nuove interazioni che possano meglio soddisfare i propri “desideri/valori”.

Questo è un modo molto schematico per rappresentare ciò che fanno gli esseri umani, ma a dire il vero anche ciò che anche alcuni animali sono in grado di fare (se si eccettua probabilmente l’attribuzione di

funzionalità ad altri). In effetti ciò che caratterizza la distinzione tra sistemi di tipo B ed S può essere colto appieno solo a scala sovra individuale. Per quanto alcune specie, come le api o le termiti, siano capaci di organizzazioni sociali, “le organizzazioni socio-culturali umane sono le sole che sono in grado di sostenere il tipo di rappresentazioni che abbiamo descritto”. Come aveva intuito G-R ciò che caratterizza la specie sapiens non è la capacità di vivere in società, (cosa che accade appunto anche alle api), ma la capacità che hanno le società umane di generare e mantenere organi esosomatici²⁰. Poiché tali artefatti richiedono, per essere realizzati, un preventivo processo di “progettazione” che si fonda su “rappresentazioni” del tipo che abbiamo descritto, ne possiamo concludere che ciò che caratterizza le organizzazioni di tipo S rispetto al mondo biologico è lo sviluppo della tecnosfera. Non si tratta di qualcosa che può essere ricondotto a differenze presenti a livello del singolo individuo, quanto piuttosto un attributo che emerge a livello di organizzazione sociale. In altre parole lo straordinario apparato tecnologico che caratterizza le moderne società industriali, la sua stupefacente capacità di innovazione nonché le sue potenzialità distruttive, ebbene questi sono fenomeni che sono concepibili e concepiti da organizzazioni, e solo da loro. È evidente che tali rappresentazioni non risiedono nel cervello umano, quanto piuttosto risultano distribuite tra molti cervelli, oltre che in artefatti²¹, quali libri, e memorie artificiali, ecc. Diviene dunque per noi particolarmente importante capire come tali rappresentazioni vengano generate e modificate. Secondo Lane i processi attraverso cui tali rappresentazioni si possono produrre e modificare sono molti, ma il più importante e antico tra questi è ciò che definiamo negoziazione.

La negoziazione è un tratto caratteristico delle Organizzazioni di tipo S. A differenza dell’attività omologa nelle organizzazioni di tipo B (signaling) nella negoziazione la semantica conta. Questo comporta il fatto che il messaggio inviato può essere completamente nuovo nella sua forma, e tuttavia colui che lo invia si attende che il ricevente sarà in grado di interpretarlo. Come ciò possa accadere fa parte di un processo assai complesso, basato sulle strutture generative del linguaggio, che comporta una relazione circolare tra individuo e organizzazione sociale. Qui basti dire che, affinché individui diversi siano sufficientemente allineati sul significato dei messaggi che scambiano è necessario che essi condividano “attribuzioni” e “forme narrative” su cui i messaggi si basano.

L’insieme delle attribuzioni e delle forme narrative condivise dall’insieme delle organizzazioni sociali in un dato momento forma quello che Castoriadis ha definito immaginario (collettivo).

Riteniamo in generale che la tematizzazione del ruolo di queste componenti immaginarie, per quanto difficili da definire e soventi inconsce, risulti determinante sia per analizzare che per intervenire efficacemente sulle dinamiche socio-economiche e sulle relative conseguenze in termini di equilibri ecologici (sostenibilità). In particolare, processi e comportamenti sociali inattesi, come l’effetto rimbalzo, non sembrano adeguatamente descrivibili considerando solo le dinamiche relative alle organizzazioni di livello P (flussi di materia energia), o le semplici dinamiche di prezzo caratteristiche dell’analisi economica standard. Esse pertanto richiedono una considerazione esplicita dei comportamenti di consumo, dei valori, degli stili di vita e delle relative strutture “immaginarie”.

²⁰ L’espressione risale al biologo Alfred Lotka, poi ripresa da G-R. Con questa intendiamo l’insieme degli strumenti esterni al proprio soma, in altre parole la tecnologia.

²¹ “By artifact, we mean something that human beings produce for the use of (generally other) human beings. We thus use the term in a very broad sense: a purebred puppy, for example, is for us an artifact. Artifacts may be physical, informational or performative. A breed standard, for example, is an informational artifact – as is Darwin’s theory of evolutionary biology or the text of Origin. To be useful to others, informational artifacts generally require some form of physical or performative instantiation: a printed copy of Origin, for example, is a physical instantiation of Darwin’s text. A conformance competition is an example of a performative artifact” (Lane et al, 2009).

3. IL CASO DELLE ICT

di Mauro Bonaiuti

3.1. Definizione di ICT

Con l'acronimo ICT (Information and Communication Technology) intendiamo, in generale, apparecchiature elettroniche e relativi software utilizzati per convertire, immagazzinare, proteggere e trasmettere informazioni a carattere prevalentemente digitale (Biois Report, 2008, p.28).

Esistono ormai alcuni sistemi che offrono una base per la classificazione delle ICT come The International Standard of Industrial Classification (ISIC), che ordina e suddivide il settore per finalità produttive, o il European Information Technology Observation (EITO) che offre una categorizzazione più orientata al mercato. In termini generali il settore delle ICT può essere suddiviso in due categorie principali:

1) Elettronica di consumo intesa come insieme di “end user device”. A titolo indicativo tale categoria comprende:

- Computers (Desktop, Laptop, Monitor CRT e LCD)
- Televisioni (TV)
- Fotocopiatrici e stampanti
- Fotocamere digitali
- Sistemi audio
- Riproduttori VHS/DVD
- Telefoni fissi e mobili
- Fax e Modem

2) Infrastrutture. Di questa seconda categoria fanno parte:

- Server e Data Center
- Reti per telecomunicazione e Radio/TV
- Reti di telefonia mobile

Per quanto non sia sempre facile tracciare una linea netta di distinzione tra la prima e la seconda categoria questa suddivisione può esserci comunque utile ad introdurre una possibile definizione operativa del modello.

3.2. Applicazione del modello “stock e flussi” alle ICT: gli stocks

Ai fini di una definizione operativa del nostro modello considereremo il sistema delle ICT come un unico sistema, formato da esseri umani e artefatti, in grado di perseguire una funzionalità complessa, quella cioè di offrire alcuni servizi di “informazione e comunicazione” relativamente stabili durante l'arco di tempo considerato. Non distingueremo pertanto l'insieme dei componenti elettronici di base dall'insieme delle infrastrutture (Data Center ecc.) sia perché non è facile ottenere dati distinti per queste due tipologie, sia soprattutto in quanto i tempi relativi a cicli di innovazione dei secondi non sono significativamente

maggiori dei primi, quantomeno non in misura sufficiente da motivare un'analisi differenziata.²² Lo stock delle ICT sarà dunque per noi un unico stock formato dall'insieme di tutti gli elementi elencati ai punti precedenti. Non essendo interessati qui ad analizzare l'evoluzione del sistema ICT quanto piuttosto le sue interazioni con la biosfera non considereremo se non marginalmente altri agenti (sia interni che esterni al sistema ICT, come sistema di ricerca e sviluppo, i policy makers ecc.), per quanto significativi. Il nostro mondo sarà dunque popolato da tre principali tipologie di organizzazioni: il sistema ICT, la biosfera, oltre ovviamente ai "consumatori" dei servizi di informazione e comunicazione.

Per motivi pratici connessi alla raccolta dei dati, il contesto che analizzeremo sarà prevalentemente quello dell'Europa a 27, in un arco temporale di circa 15 anni (2005-2020).

In questa cornice i flussi che andremo 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.

3.3. I flussi in cifre: Energia, Materia, Rifiuti e Servizi

3.3.1. Energia

Considerato nel suo complesso il Sistema delle ICT in Europa si stima che consumi (dati 2005) circa 214 Twh l'anno²³. Si tratta sia in termini assoluti che relativi di un dato di tutto rispetto, per quello che è comunemente considerato il settore chiave della nuova economia immateriale. Per offrire qualche raffronto questo dato rappresenta circa il 12,5 % dei consumi di energia elettrica della EU27. (Biois Report, 2008).

Tabella 1. Consumi totali di Energia (2005) e proiezioni 2020

	Electricity Use (TWh/a)	Electricity Use (TWh/a)	Electricity Use (TWh/a)	Difference (TWh/a)
Equipment	2005	2020 BAU	2020 ECO	BAU-BAT
Computers & monitors	42.3	59.0	46	13.0
TV	54	116.4	70.2	46.2
Imaging Equipment	7.8	9.4	6.2	3.2
Mobile devices	0.5	1.2	0.9	0.3
Audio Systems	27.8	18.3	12.4	5.9
VHS/DVD Equipment	4.5	2.3	2.1	0.2
Rough estimation ITM	0.3	10.3	17.1	9.0
Telephones	4.3	6.3	4.2	2.1
Fax machines	1	0.5	0.2	0.3
Modems	4.1	10.4	7.8	2.6
Mobile phones	2.7	4.9	3.3	1.6
Servers and Data centres	29.1	96.0	69.8	26.2
Telecom network	14.3	35.8	28.8	7.0
Cellular phone network	13	22.8	18.9	3.9
WLAN	n/a	n/a	n/a	n/a
EU Totals	214.5	409.7	288.2	121.5

²² I primi (componenti elettronici etc.) potrebbero infatti essere considerati come un flusso di "prodotti intermedi" necessari a costituire lo stock dei secondi (Data Center, infrastrutture, server etc).

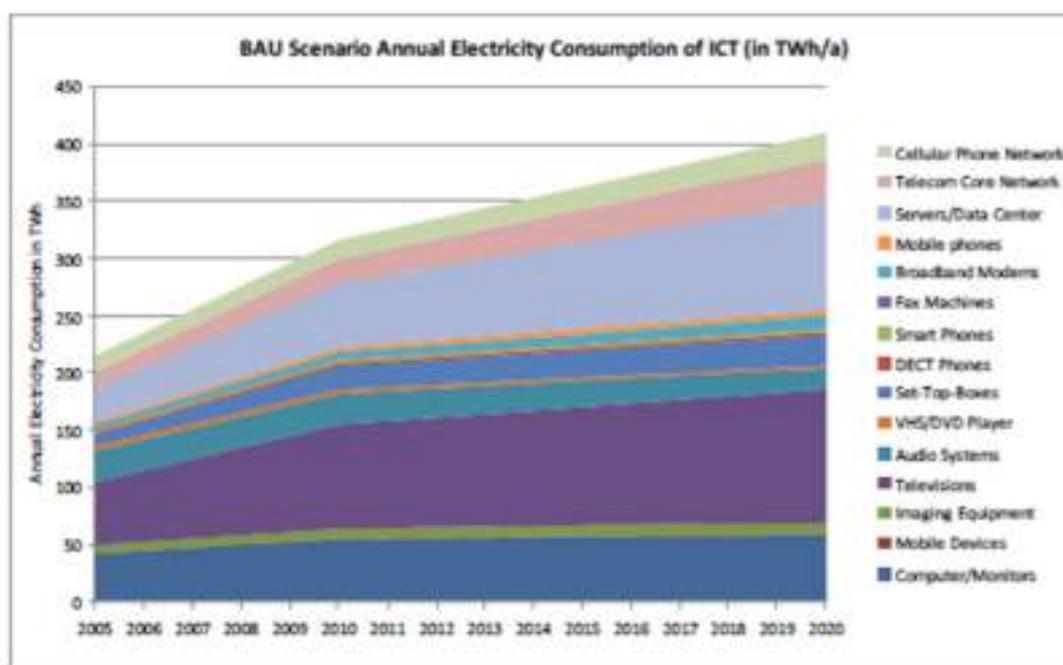
²³ 1 Terawatt = 10¹² Watt = 1 Miliardo di kW

(Fonte: Biois Report, 2008)

Per avere un'idea dei consumi di questi apparati, sia per quanto riguarda gli end users devices, che le reti informatiche (servers, ecc.), basti pensare che, secondo alcune stime, l'energia consumata da un avatar su Second Life (circa 1752 Kwh l'anno) è attualmente comparabile con l'energia consumata da un brasiliano medio (1888 Kwh l'anno) nella vita reale.

Come risulta dalla tabella 1. le cifre a cui abbiamo fatto riferimento risultano dalla somma di tutti i singoli stocks attualmente in uso, comprendenti quindi sia gli end user device (Computer, Tv, cellulari ecc.) sia le infrastrutture (Server, Data Center, Telecom network, ecc). Il consumo dei primi ammonta complessivamente a circa 158 Twh/a contro i 56 Twh/a dei secondi che quindi rappresentano il 26% del totale.

Figura 1. Consumi totali d Energia EU. Proiezione al 2020 (Scenario BAU)



Fonte: Biois Report, 2008

Nell'ambito degli end user devices il principale consumo è quello relativo alle televisioni (54 Twh/a) seguito da Computer e Monitor (42,3 Twh/a) e dai sistemi audio (27,4Twh/a). Il consumo di energia di questi dispositivi avviene principalmente nella fase di utilizzo, mentre il l'uso di energia necessario alla loro produzione può considerarsi trascurabile rispetto al primo. Nella struttura attuale del sistema ICT, dunque, il peso dei sistemi tradizionali (TV e Audio) è ancora predominante rispetto a quello delle tecnologie più avanzate (computers, cellulari etc.) e nel complesso i consumi energetici dei dispositivi finali è prevalente (75% circa) rispetto ai consumi dell'infrastruttura che ammontano attualmente a circa un quarto del totale.

Occorre tuttavia considerare che, in termini generali, le ICT possono essere considerate una tecnologia nelle fasi iniziali del proprio ciclo di vita. Se si considera che le dimensioni dell'infrastruttura (rete) tendono ad aumentare secondo un andamento più che lineare rispetto al numero delle connessioni, il peso sia assoluto che relativo delle infrastrutture sembra destinato ad aumentare nei prossimi anni. Scenari elaborati seguendo ipotesi di tipo Business as Usual (BAU) (cioè tenendo conto delle politiche esistenti e in implementazione, delle trasformazioni tecnologiche già previste e dei trend della popolazione e di mer-

cato) prevedono la crescita dei consumi delle infrastrutture a 154 Twh/a entro il 2020, triplicando quindi i valori del 2005 e venendo così a costituire circa il 37% del consumo totale delle ICT in Europa.

3.3.2. I flussi di materia (materie prime e rifiuti)

Nonostante il peso relativo dei materiali coinvolti nella produzione di ICT sia inferiore rispetto a quello dei settori industriali tradizionali, tanto che in letteratura si è sovente parlato, con riferimento alle trasformazioni connesse alle ICT, di dematerializzazione della produzione, la realizzazione di queste apparecchiature si basa sull'utilizzo di una vasta gamma di dispositivi (microprocessori, circuiti stampati, display a cristalli liquidi, ecc.) la cui produzione richiede un flusso di materie prime particolarmente ampio e composito.

L'ampiezza dei flussi di materiali coinvolti nella produzione dipende dal fatto che, in generale, secondo alcune stime, il 98% del flusso di materia viene processato nelle fasi precedenti alla produzione finale mentre solo il 2% del flusso va a formare lo stock del prodotto (Fichter, Behrendt; Sustainable business in the internet economy cit. in Berkhout and Hertin, 2004). A livello di singoli componenti tale rapporto può salire sino a 1:1000. A titolo esemplificativo la produzione di una memoria in chip da 32 MB dal peso di 2 grammi richiede 32 Kg di acqua, 1,6 kg di combustibili fossili, 700 gr di gas e 27 gr di vari prodotti chimici. (Biois Report, p. 122).

Secondo la Silicon Valley Toxics Coalition (2000), le cifre risultano ancora superiori: la produzione di un chip a 8 ingressi utilizzato per i CPU Pentium richiede 11,44 m³ di acqua deionizzata, 120 m³ di gas e 12 kg di vari prodotti chimici. Le differenze, di alcuni ordini di grandezza delle cifre riportate da questa organizzazione ambientalista rispetto alle precedenti, testimonia, inoltre, l'ancora carente standardizzazione delle procedure di raccolta dei dati.

Per quanto i dati assoluti (in Kg o m³) delle masse di materiali processati per ottenere il prodotto finito possano essere indicativi dell'impatto sugli ecosistemi, vi sono altri aspetti da tenere in considerazione. L'ampiezza della scala delle catene implicate nel settore dell'elettronica di base e dell'ICT è un'altra caratteristica saliente per valutarne correttamente l'impatto sugli ecosistemi. "Un tipico PC contiene 1500-2000 componenti provenienti da tutto il mondo e generalmente trasportati in aereo." (F. Berkhout, J. Hertin, 2004, 903-920).

Inoltre buona parte delle risorse (e della produzione) provengono da aree al di fuori della EU e di conseguenza l'impronta ecologica e lo "zaino ecologico" ricadono su territori sovente marginali non di rado dando luogo a conflitti con le popolazioni locali per l'appropriazione delle risorse (Martinez-Alier, 2002). Normalmente la produzione richiede l'impiego di elementi rari come germanio, arsenico, indium, tantalio, etc.

Come noto, sulla base del principio del bilancio dei materiali, la quantità di materia che entra nel processo di produzione, a meno di quella accumulata sotto forma di stock nel sistema stesso (che può anche essere rilevante), va a costituire il flusso di rifiuti in output.

Anche per i rifiuti, come per i flussi di materie prime, dati esaustivi sono di difficile reperimento a causa della mancanza di standardizzazione nelle fonti statistiche, problema reso ancor più significativo dal fatto che i flussi più considerevoli sono prodotti nella fase di estrazione e prima lavorazione della materia prima, fasi cioè che avvengono in territori per i quali non disponiamo di dati attendibili.

Limitandoci dunque al flusso generato dai prodotti finiti, secondo un rapporto della Commission of the European Communities del 1998, i rifiuti elettrici ed elettronici (che comprendono al loro interno le ICT) sono stati stimati in 6 milioni di tonnellate annue e sono in aumento ad un tasso del 3-5% all'anno. (CEC., 2000). I rifiuti elettronici nell'Unione Europea (WEEE, che includono le ICT) dunque, sono stati valutati al 4% del totale dei rifiuti municipali nel 2001, di questi una percentuale del 90% viene incenerita, posta in discarica o smaltita senza speciali trattamenti (Biois, p. 116). La EU stima che a questi tassi di crescita (circa tre volte superiori all'aumento medio dei rifiuti comunali) i flussi di rifiuti legati alle ICT raddoppierà in 12 anni. A

titolo esemplificativo, si stima che in Italia vengano gettati circa 4 milioni di computer all'anno (2010) dati simili valgano per gli altri paesi Europei come la Germania (5 milioni) e il Regno Unito (3,5 milioni). Un computer pesa in media 29 Kg ed è formato da metalli (43,7%), plastica (23,3%), componenti elettronici (17,3%), e vetro (15%). Tutto questo comporta circa **8 kg di rifiuti relativi alle ICT per persona all'anno per un totale di 3,6 Milioni di Tonnellate per la EU 25** con riferimento all'anno (2005) (Biois, 2004).

Secondo il II Rapporto IPTS (2003) un raddoppio dei rifiuti prodotti dalle ICT entro il 2020 sembra realistico. Questo condurrebbe ad una media di **15 Kg di rifiuti a persona all'anno nella EU 25 e ad un totale di 7,2 milioni di tonnellate nel 2020**. Tuttavia questi scenari appaiono caratterizzati da forti incertezze. Secondo un altro studio (IPTS Final report) il contributo delle ICT alla produzione di rifiuti solidi spazierà in un range compreso tra il 4% ed il 26% nel 2020. Le incertezze sono dovute sia a fattori tecnologici (es. miniaturizzazione) che alla durata della loro vita media, che essendo legata alla volontà degli agenti, è intrinsecamente incerta. Come vedremo questi fattori risultano significativamente influenzabili dall'azione dei policy makers e dunque dalla stessa consapevolezza sugli impatti attesi e sull'effetto rimbalzo. La IBM si attende che in alcuni anni circa un miliardo di persone utilizzerà un trilardo (10¹²) di oggetti collegati in rete in tutto il mondo. Questo significa che ci sarà circa una media di 1000 "smart objects" per persona nella parte ricca del mondo, ognuna contenenti un processore e qualche modulo di connessione, con un corrispondente flusso di rifiuti di circa 10 kg/anno per persona.

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂ è stato stimato che, considerando un consumo totale di energia del sistema ICT per l'anno 2005 (EU25) pari a 214.5 Twh/a ad essa corrisponda **un flusso di emissioni di CO₂ pari a 98,3 Milioni di tonnellate equivalenti**. (Per la conversione dell'energia elettrica in CO₂ eq. abbiamo utilizzato il Carbon Emission Factor del EuP EcoReport sviluppato nel contesto del EuP Directive 32/2005/EC pari a 0,4582 Kg CO₂ eq. /Kwh).

Probabilmente la più significativa fonte di preoccupazione relativa al flusso di rifiuti prodotti dalle ICT non sta tanto nelle sue dimensioni assolute quanto nei contenuti di metalli ed altri materiali tossici o pericolosi. In generale, cioè, ci sembra che il punto importante da sottolineare, oltre al dato in milioni di tonnellate, stia nel fatto che prodotti più complessi implicano normalmente più complessi rifiuti. Tale complessità non consente usualmente la separazione e il riciclo di tali metalli senza ricorrere a processi particolarmente costosi, tanto che attualmente solo una minima parte dei rifiuti ICT viene riciclata. Particolarmente preoccupanti risultano i "brominated flame retardants, solders, batteries, semiconductors, plastic stabilisers and screens" (F. Berkhout, J. Hertin, 2004).

Due recenti direttive EU sono state emanate allo scopo affrontare il problema la 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment e la direttiva 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment. A questa azione normativa sembra fare da contraltare, tuttavia, una scarsa consapevolezza del peso ecologico delle ICT nell'opinione pubblica, la quale potrebbe trovare sostegno (oltre che nell'opinione diffusa sul carattere immateriale della ICT) nel fatto che, come si è accennato, buona parte della creazione di rifiuti avviene in territori esterni alla EU, secondo modalità che sfuggono, in percentuali significative, alla stessa statistica ufficiale (esportazioni illegali ecc.). Questo tema richiederebbe tuttavia nuove e più approfondite ricerche.

3.3.3. Servizi offerti

In apertura abbiamo ipotizzato, in conformità con il nostro approccio, che il Sistema ICT svolgesse complessivamente un insieme di "servizi di informazione e comunicazione" relativamente stabile durante il periodo considerato. Se andiamo tuttavia ad osservare più da vicino ciò che è accaduto all'interno

del sistema ICT anche solo negli ultimi dieci anni ci accorgiamo che questa ipotesi è molto restrittiva. In questo periodo infatti non solo il numero di persone raggiunte da servizi ICT è significativamente aumentato, ma la quantità e qualità di funzioni che il sistema è in grado di offrire è significativamente cambiata. In altre parole il sistema ICT da luogo a continue nuove attribuzioni di funzionalità (si pensi, solo per citare alcuni esempi, all'emergere della telefonia cellulare, della banda larga e delle sue applicazioni, del digitale terrestre etc.) da cui si generano flussi di nuovi prodotti (innovation cascades) e, nel tempo, si consolidano - nuovi bisogni e nuove abitudini di consumo.

Per quanto riguarda il flusso dei prodotti venduti e delle connessioni alla rete ecco alcuni dati: "Tra il 1993 e il 2000 il numero di PC per abitante, a livello globale, è aumentato del 181%. In Aprile del 2002 il miliardesimo PC è stato venduto. Paesi come l'Indonesia presentano tassi di incremento dei consumi dell'ordine del 40% all'anno" (Flipo, Gossart, 2008). In Messico ormai il 50% delle persone possiede un PC. "Un totale di 471 milioni di telefoni cellulari sono stati venduti nel 2003, circa 630 milioni nel 2004 e 800 milioni nel 2005²⁴. "Il numero di abbonamenti alla telefonia mobile ha superato i 2,6 miliardi nel 2006, circa la metà dei terrestri è attualmente cliente di un operatore di telefonia mobile²⁵.

Il fatto che beni e servizi prodotti e dunque l'utilità ad essi associata non sia affatto "costante" a crescere dell'efficienza ci consente di intuire quella che a nostro avviso si dimostrerà la ragione di fondo alla radice dell'effetto rimbalzo: la maggiore efficienza e dunque la riduzione dei costi per unità di servizio offerto, non viene indirizzata dagli attori sociali verso un minore consumo, ma al contrario verso la creazione di nuove funzionalità - ovvero ciò che nel primo capitolo è stato anche chiamato technology rebound - andando così ad alimentare un vero e proprio processo autoaccrescitivo tra crescita e innovazione che alimenta l'effetto rimbalzo.

3.4. Informazione e sistemi formativi

Per quanto possa essere ritenuto a prima vista secondario rispetto al focus di questa ricerca, va detto che - oltre ai flussi di materia energia- il sistema delle ICT si alimenta di un flusso di informazione proveniente da altri sistemi (Università, Centri R & D ecc.) senza il quale è impossibile immaginare che questo avrebbe potuto nascere e svilupparsi. Un numero considerevole di ingegneri, ricercatori, tecnici e di artefatti sia interni che esterni alle organizzazioni che producono direttamente ICT è necessario al mantenimento e all'innovazione del sistema. Anche se normalmente trascurate nelle ricerche sulla sostenibilità il numero e le dimensioni delle organizzazioni coinvolte è considerevole. Va da sé che, queste organizzazioni richiedono, per il loro mantenimento, flussi di lavoro, materia ed energia.

Ne possiamo concludere che al crescere della complessità del sistema in generale i flussi di materia energia impiegati risultano maggiori e non minori, come si ritiene normalmente. Ci sarebbe davvero da stupirsi se un sistema più complesso richiedesse meno energia di uno più semplice (Tainter, 1988). Il fatto che i sistemi di contabilità tradizionali esternalizzano tali flussi, oppure contabilizzano in positivo il costo in termini di materia energia impiegato nei centri di ricerca, nelle Università etc. può condurre ad una sistematica sottostima dei flussi totali di materia energia connessa con il sistema delle ICT.

3.5. Il Rebound Effect nel caso delle ICT

Il settore delle ICT si è caratterizzato in questi anni per lo straordinario incremento del numero di informazioni che le successive generazioni di microprocessori sono state in grado di elaborare, a cui cor-

²⁴ <http://www.networkworld.com/news/>

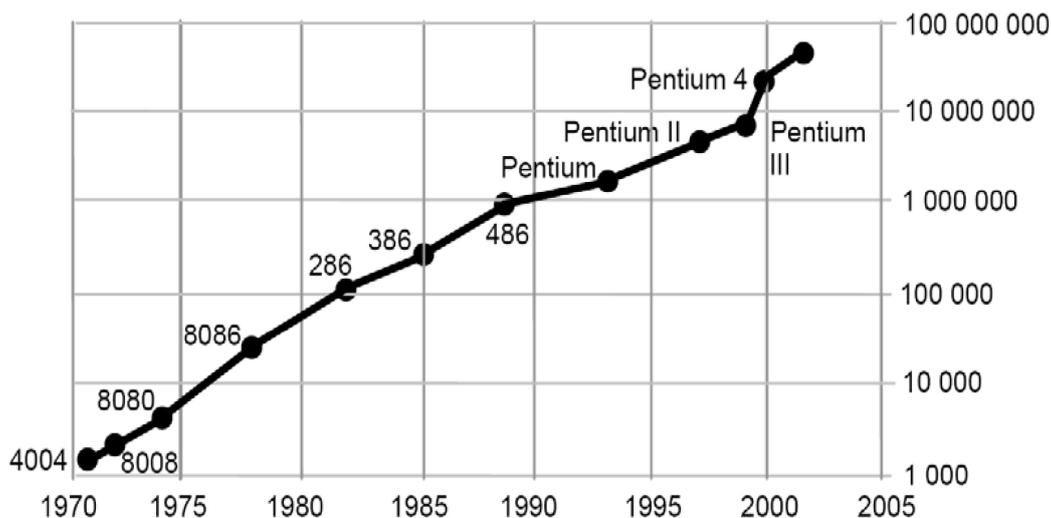
²⁵ http://www.journaldunet.com/cc/05_mobile/mobile_abonnes_mde.shtml

risponde un altrettanto vertiginoso aumento dell'efficienza energetica, come descritto dai due grafici qui sotto riportati.

Secondo Lorenz Hilty "The time, space, material and energy needed to provide a unit of ICT service have decreased by three orders of magnitude (a factor of 1000) since the first PC was sold" (Hilty, 2008).

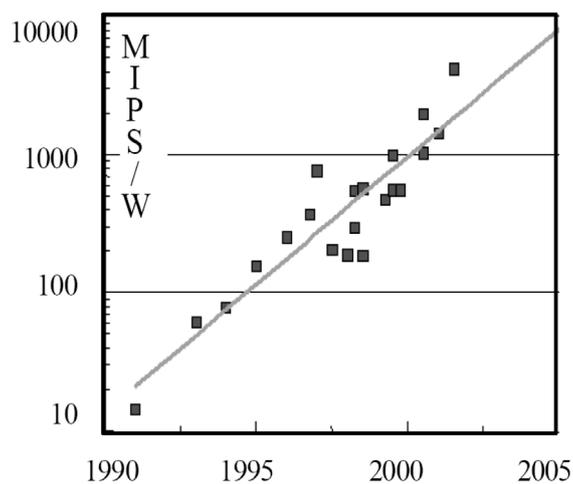
Il ben noto principio, chiamato Legge di Moore, secondo cui il numero di transistor per microchip raddoppia ogni 18-24 mesi, attende ancora di essere disatteso. (Figura 2). Come effetto secondario, la performance dei processori per input di energia è cresciuto altrettanto esponenzialmente. (Figure 3).

Figura 2. La dematerializzazione delle ICT secondo la legge di Moore



Fonte: Mattern, 2005, p. 41

Figura 3. Efficienza energetica dei microprocessori in milioni di istruzioni al secondo (MIPS) per Watt



Fonte: Mattern, 2005, p. 42

Un riduzione di un fattore 1000 dei consumi energetici per unità di informazione indurrebbe ad attendersi una significativa riduzione dei consumi totali di energia del settore ICT.

Invece, secondo il rapporto Biois, i consumi di energia per il settore ICT stimati in 214,5 Twh nel 2005

(EU25), sono previsti in aumento a 409,7 Twh nel 2020 (dispositivi finali + infrastrutture, scenario BAU). Sebbene secondo assunzioni più ottimistiche (scenario ECO, con interventi restrittivi da parte dei policy makers) i consumi ammonterebbero al 2020 a soli 288,2 Twh (sempre EU 25), entrambi gli scenari prevedono un incremento per l'Europa a 25 compresi tra il 34% (nello scenario ECO) e il 91% (in quello BAU).

Gli estensori del rapporto ne concludono che:

“L'aumento nello stock di applicazioni ICT oltre che del network di infrastrutture combinato con l'estensione dell'utilizzo di prodotti ICT all'interno di una cultura del “sempre, ovunque, in qualsiasi momento” porterà ad un incremento del consumo totale di energia del settore ICT, nonostante la potenza richiesta dalle nuove apparecchiature ICT sia inferiore rispetto a quelle correntemente in uso a causa dello sviluppo di tecnologie più efficienti e della miniaturizzazione incoraggiata dal mercato... Inoltre la domanda legata ai server e data Center sta aumentando drasticamente a causa dell'utilizzo sempre più esteso degli strumenti ICT da parte dell'utente finale. (Biois, p. 101).

Un andamento analogo riguarda l'impiego di materiali. Per esempio la riduzione della massa media dei telefoni cellulari da oltre 350 grammi (1990) a circa 80 grammi (2005) che corrisponde ad una riduzione di un fattore 4.4, è stata accompagnata da un incremento del numero delle connessioni alla rete che nel complesso ha portato ad un aumento della massa totale di un fattore 8.0 (Hilty, 2008, p. 94). I dati della Fig. 1-2 mostrano quello che possiamo definire il paradosso della miniaturizzazione: l'aumento della velocità di computazione ha fatto sì che i processori siano diventati economici più velocemente di quanto siano diventati più piccoli. Se ne conclude che “ non c'è evidenza secondo cui il rebound effect legato alla miniaturizzazione scomparirà se e quando la vision chiamata “Pervasive Computing”, “Ubiquitous Computing” o “Ambient Intelligence” diverrà reale” (Hilty, 2008, p. 95).

In conclusione quindi, nonostante incrementi di efficienza stimabili in tre ordini di grandezza, i consumi complessivi sono aumentati: è questo, essenzialmente ciò che definiamo effetto rimbalzo. In definitiva, il caso delle ICT dimostra, forse con maggiore evidenza di altri, come gli agenti, a fronte della maggiore efficienza, tendano ad aumentare la propria utilità (numero di informazioni elaborate) a parità di costo piuttosto che a mantenere costante l'utilità riducendo i costi (materia/energia consumata). Tale comportamento non dovrebbe del resto stupire, essendo coerente alle ipotesi standard di non sazietà e comportamento massimizzante degli agenti. Questo sembra valere, quantomeno, nella fase espansiva del ciclo di vita del prodotto, cioè prima che intervengano, come vedremo, fattori di saturazione e congestione.

Assumendo che il RE sia calcolato in base alla formula:

$$RE = (Se - St) / Se \quad \text{dove: } St = \text{Minor consumo effettivo al tempo } t \\ Se = \text{Minor consumo atteso}$$

Riassumendo quanto già riportato nel primo capitolo, se assumiamo che il risparmio atteso sia positivo e pari all'incremento di efficienza ottenuto nel periodo precedente possiamo stimare l'effetto rimbalzo anche in termini quantitativi. Nel nostro caso, essendo il risparmio effettivo negativo (i consumi sono aumentati) ed il risparmio atteso positivo, otterremo in generale un $RE > 1$. Espresso in termini percentuali si può dire che il RE è, in questo caso, superiore al 100%. Questo tipo di situazione è indicata, in letteratura, come backfire.

Si noti che $RE = 1$ significa che il risparmio corrente è nullo, cioè che la situazione è rimasta invariata rispetto all'anno base. Viceversa $RE < 1$, ad esempio del 30%, significa che le aspettative di risparmio sono state raggiunte solo per il 70%. In questo caso i consumi si sono ridotti ma meno delle aspettative.

In pratica, così definito, l'effetto rimbalzo misura lo spostamento rispetto ad una condizione di “razion-

alità ingenua”, in base alla quale il risparmio atteso dovrebbe essere uguale all’incremento di efficienza. Effettivamente i dati ci mostrano che, in particolare nel caso delle ICT, il comportamento reale degli agenti non segue affatto tali aspettative “ingenua”. Non segue cioè comportamenti ispirati ad una logica deduttiva semplice, secondo cui, per esempio, se tutti i PC consumassero il 20% di meno, anche i consumi totali si dovrebbero ridurre del 20%. Viceversa l’effetto rimbalzo sembra sottendere una dinamica di tipo sistemico, una dinamica in cui, cioè, la presenza di effetti di feedback comporta deviazioni non casuali dai risultati attesi. Per quanto trascurata dalla letteratura, questa lettura sistemica consente una comprensione a nostro avviso più completa e approfondita dell’effetto rimbalzo.

3.6. Stocks flussi, ciclo di vita e rebound effect

Per quanto gli autori che si sono occupati di rebound effect siano tendenzialmente concordi nel considerare questo effetto significativo (sebbene variabile in ampiezza), le spiegazioni circa le cause sottostanti al fenomeno si possono considerare deboli e complessivamente insoddisfacenti. Questo atteggiamento è del resto coerente con l’approccio proprio dell’economia standard secondo cui il RE, così come le preferenze del consumatore, più che “spiegato” viene semplicemente assunto come dato. Non stupisce per tanto che gli studiosi, in particolare gli economisti, al di là dei prevedibili effetti diretti (ci si attende che riduzioni dei prezzi comportino generalmente aumenti della domanda) ritengano gli effetti indiretti variabili e sostanzialmente imprevedibili. Un’analisi di tipo sistemico, tuttavia, rivela come tra gli stock e i flussi coinvolti nello sviluppo di un determinato settore, esistano relazioni che, nel tempo, presentano regolarità significative, capaci di dare conto di alcuni dei processi sottostanti lo stesso RE. Per illustrare questa dinamica occorre chiarire alcune premesse.

Come noto, il consumo dei prodotti segue generalmente un “ciclo di vita” caratterizzato da una successione regolare di fasi: le prime (introduzione, sviluppo), sono caratterizzate da incrementi crescenti. In queste prime fasi cioè, gli aumenti della produzione sono più che proporzionali rispetto agli input (derivata seconda positiva). A questa prima fase segue una fase di maturità in cui le vendite crescono ancora, ma meno che proporzionalmente, (incrementi decrescenti) a cui segue infine una fase di declino in cui le vendite diminuiscono anche in valori assoluti, precludendo ad una sostituzione del prodotto. Questo andamento, descritto dalla tipica curva logistica, sembra valere sia per singoli prodotti che per interi settori industriali, e mostra una straordinaria regolarità nel tempo e nello spazio.

Nella fase iniziale lo stock esistente della produzione è ridotto in quantità e quindi un incremento per quanto modesto nel flusso corrispondente comporta un andamento ad incrementi crescenti della produzione totale. Questa semplice legge matematica offre una prima importante spiegazione del perché i fenomeni di crescita presentano incrementi crescenti nelle fasi iniziali e incrementi decrescenti nelle fasi successive e sembra valere sia per le strutture (stocks) di tipo economico che nel campo dei sistemi viventi: non a caso essa fu osservata per prima da naturalisti e biologi come D’Arcy Thomson, (1961) e Haldane (1956). Inoltre nelle fasi iniziali gli stock presentano una struttura maggiormente flessibile che dunque è in grado di adattarsi più facilmente ai mutamenti sia endogeni (dovuti alla crescita della struttura stessa) che provenienti da variazioni dell’ambiente esterno. Questa è la fase in cui l’innovazione muove verso soluzioni maggiormente efficienti con conseguente riduzione dei costi unitari e dei prezzi alimentando, quindi, incrementi della domanda e della produzione. A loro volta questi incrementi nei consumi mettono a disposizione maggiori margini per investimenti in grado di generare ulteriori incrementi di efficienza (economie di scala). Questo processo di feedback positivo ha inizio dunque dal lato dell’offerta per stimolare poi la domanda grazie alle riduzioni di prezzo.

Dovremo tuttavia considerare un secondo processo di feedback positivo che riguarda specificamente il settore delle ICT. Questo si genera in virtù della così detta Metcalfe's Law secondo cui l'utilità del servizio offerto aumenta più che linearmente (con il quadrato) del numero delle connessioni alla rete. 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 ad alimentando il processo autoaccrescitivo. I margini di profitto crescenti in questa fase alimentano infine quei processi (marketing, pubblicità etc.) attraverso cui le aziende sono in grado di stimolare ulteriori incrementi della domanda.

Si noti tra l'altro che questa legge caratterizza il consumo di ICT come un consumo diverso rispetto al consumo di beni privati puri secondo la teoria economica. Nel consumo delle ICT infatti l'utilità non è indipendente dal comportamento degli altri soggetti, come presuppone la teoria ortodossa, ma al contrario cresce al crescere del numero degli individui connessi alla rete.

Possiamo a questo punto comprendere perché le prime fasi del ciclo di vita (introduzione e sviluppo), cioè le fasi caratterizzati da incrementi crescenti, presentino in generale un RE maggiore di 1. In questa fase, infatti, gli incrementi di efficienza producono aspettative di riduzione nei consumi di risorse (e degli impatti ecologici) che vengono "spiazzati" da più che proporzionali aumenti delle quantità prodotte legati ai due processi di feedback positivo ora descritti. È precisamente questa, riteniamo, la fase che il settore della ICT ha attraversato in questi anni.

Tuttavia, superata una certa soglia dimensionale nell'impiego degli stock (impianti, infrastrutture, capitale naturale etc.) i flussi generati presenteranno incrementi decrescenti. Il profilarsi di questa fase di maturità (in cui il mercato continua ad ampliarsi, ma sempre di meno) è dovuto all'agire simultaneo di diversi fattori.

Da un lato, innanzitutto, assistiamo ad progressivo saturarsi della domanda. Ormai giunti a livelli di consumo elevati, i consumatori sono disposti a sostenere sforzi via via decrescenti per acquisire unità ulteriori dello stesso bene. Naturalmente le imprese reagiranno a questo inevitabile approssimarsi del tratto decrescente della curva di utilità marginale in vario modo, innanzitutto innovando, ma è evidente che queste contromisure possono ritardare, ma non spostare indefinitamente l'approssimarsi di un effetto di saturazione del mercato. Sul lato dell'offerta, superata una certa soglia dimensionale, vari fattori, sia esterni (congestione) che interni, (aumento dei costi di transazione etc.) agiscono limitando una ulteriore espansione degli stocks (cioè degli impianti di produzione, dei centri di ricerca, ecc.) oltre che la riduzione dei flussi di materie prime disponibili. Complessivamente tali limitazioni si riflettono in aumenti dei costi degli inputs ed una riduzione della produttività. È chiaro che nel momento in cui la saturazione della domanda si affianca all'aumento dei costi, il processo di feedback positivo che abbiamo descritto in precedenza si attenua sino ad esaurirsi. Al termine di questa seconda fase il sistema converge verso una sorta di stato stazionario dei consumi e della produzione che a sua volta prelude o ad una rinnovata fase espansiva (preceduta da una radicale ristrutturazione interna degli stocks) o ad una fase di declino definitivo del settore.

Questa seconda fase, che Tainter (1988) definisce di Declining Marginal Returns, nota sin dai tempi di Ricardo, può essere re-interpretata oggi come un processo sistemico multi scala, che si applica, cioè, sia a livello dei sistemi fisici che dei sistemi biologici e sociali, connesso, come si è detto, alle dimensioni relative degli stocks e dei flussi coinvolti.

In questa seconda fase sarà ragionevole attendersi una riduzione dell'effetto rimbalzo rispetto ai valori ($RE \gg 1$) caratteristici della fase ad incrementi crescenti. Considerando infatti il carattere adattivo delle aspettative, (cioè il fatto che le aspettative tendono ad adeguarsi a quanto avvenuto nelle fasi precedenti)

in questa seconda fase sarà ragionevole attendersi sia maggiori incrementi dei consumi attesi che minori incrementi dei consumi effettivi, entrambi gli effetti comportano una riduzione dell'effetto rimbalzo. Ne possiamo concludere che l'andamento del RE, per quanto possa variare significativamente da settore a settore, è legato ad una dinamica di tipo sistemico che si radica nella struttura stessa della relazione tra stock e flussi ed al sottostante principio dei Declining Marginal Returns. Tale principio ci sembra mostrare una regolarità notevole. Naturalmente questa osservazione attende conferme da parte di ulteriori ricerche empiriche. La conclusione secondo cui l'effetto rimbalzo tenderà a ridursi mano a mano che il settore ICT entrerà nella fase di maturità, mostrando i primi effetti di saturazione nei consumi, è un risultato relativamente confortante: in questa seconda fase, infatti, i consumi di materia ed energia, per quanto comunque accresciuti nei valori assoluti, potrebbero crescere con ritmi inferiori alle aspettative, con conseguenti impatti sugli ecosistemi potenzialmente inferiori ai livelli attesi.

4 UN'ANALISI SOCIOLOGICA DELL'EFFETTO RIMBALZO

Osman Arrobbio

4.1 Introduzione

“Il mio nuovo computer è eco-efficiente (così quello dei miei amici); come mai, nonostante ciò, il consumo di energia e risorse naturali nella nostra società è costantemente in crescita?”

Nelle fasi iniziali del lavoro il gruppo di ricerca si era prefissato come obiettivo quello di formulare in maniera sintetica le domande cognitive di ogni singolo filone di ricerca. In questo caso si era preferito farla pronunciare (anche se forse si trattava appena di un pensiero) ad un immaginario individuo che, come tutti, ha del mondo una visione incompleta: scorge alcuni fatti, individua alcune relazioni e alcuni dei soggetti che le animano, si interroga su cause e su effetti. Non si specifica come, ma è venuto a conoscenza del fatto che i consumi di risorse e di energia fossero in aumento. Sa che il suo computer è più eco-efficiente (intendendo – crediamo – rispetto a quello precedente) e che in generale tutti i computer sono più efficienti rispetto a qualche anno fa: se ciò è vero nella ristretta cerchia dei suoi amici potrebbe difatti anche esserlo per tutte le cerchie di amici computerizzati sparsi per il mondo.

Quando poi cerca di individuare un nesso di causalità, ovvero quando cerca di collegare il fatto che i consumi di risorse sono in aumento e il fatto che i computer sono più eco-efficienti, compie (gliela abbiamo lasciata compiere) quella che molto probabilmente è una eccessiva semplificazione: d'altronde non sono solo i computer a consumare risorse.

Fatto sta che la domanda se la è posta e ciò perché – così ce lo siamo immaginati - si aspettava un risultato diverso: già da tempo preoccupato per il fatto che il consumo di risorse stesse aumentando ha cercato di porvi rimedio con i mezzi che da un lato gli erano accessibili e che dall'altro riteneva efficaci. Nonostante ciò non gli resta da constatare che il problema persiste.

Obiettivo di questo capitolo è quello di ricostruire i processi che portano alla creazione dei discorsi che nascono da (o che portano a) questi tipi di dubbi e perplessità, e le forme che questi discorsi assumono. Ciò verrà attuato, in una prima parte, attraverso un'analisi delle aspettative e, in una seconda parte attraverso discorsi esistenti e delle loro implicazioni

In quali modi potrà reagire il nostro personaggio? Per ora ci sia concesso di segnalarne uno: potrebbe pensare che le sue aspettative fossero mal fondate. Di quali aspettative stiamo parlando? La prima è che il raggiungimento di livelli crescenti di eco-efficienza sia un mezzo efficace per la risoluzione dei problemi ambientali, o almeno di alcuni. La seconda è che i computer, che in questo caso abbiamo fatto fungere da “rappresentanti” di tutto il settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), siano gli alfiери della dematerializzazione.

Nella prima parte di questo capitolo verrà effettuata un'analisi delle conseguenze che derivano dalle modalità con le quali tali aspettative si sono generate e sviluppate fino a giungere alla conformazione attuale. La seconda parte del capitolo contiene la descrizione e i risultati di un lavoro di raccolta, produzione e analisi di materiale empirico qualitativo.

4.2. Le aspettative e la problematizzazione

Parleremo spesso di aspettative e di attese in questo capitolo, e a dire il vero se ne è parlato (definite come rappresentazioni, ad esempio in cap. 2, parte 1) anche nei capitoli precedenti. Conviene perciò cercare di chiarire ulteriormente cosa intendiamo quando usiamo tali termini e, facendolo, speriamo risulterà chiaro anche il perché se ne intenda parlare. Inizieremo allora parlando della aspettativa tecnologica, che può essere definita come “una rappresentazione di situazioni e possibilità tecnologiche future: una combinazione tra i progressi attesi di una tecnologia, del suo mercato e del suo contesto sociale” (Borup et al., 2006). “In quella che può essere definita una visione standard i paradigmi tecnologici (o trend tecno-economici) si impongono in virtù di una loro superiorità tecnica” (Guice, 1999, p. 81). In base a tale visione si supporrebbe quindi che i trend non siano stati oggetto di interventi deliberatamente finalizzati a farli emergere o che comunque non siano stati questi a determinare in maniera rilevante la loro emersione. “Se le aspettative e le visioni sono sempre state aspetti importanti nello sviluppo scientifico e tecnologico, cionondimeno la creazione di aspettative è un’attività divenuta sempre più significativa e intensa nei campi dell’innovazione scientifica e tecnologica in questa nostra fase di modernità industriale avanzata” (Borup et al. 2006, p. 286), al punto da portare all’apparizione di una particolare tipologia specializzata di organizzazioni, da alcuni definite promissory organizations. Queste possono essere intese come organizzazioni intermediarie dedicate alla produzione di ricerche orientate al futuro, che non solo rappresentano la situazione di un particolare mercato, ma contribuiscono anche a dargli forma (Pollock e Williams, 2010). A cosa è dovuto un tale aumento nell’importanza della creazione di aspettative? Per rispondere a tale domanda occorrerà preventivamente comprendere quali siano le funzioni svolte dalle aspettative. “Caratteristica essenziale di un’aspettativa è quella di essere “generativa”: guida le attività, fornisce struttura e legittimazione, attrae interesse e investimenti. Inoltre definisce ruoli, chiarisce compiti, offre una forma condivisa a ciò che ci si può attendere e a come prepararsi alle opportunità e ai rischi conseguenti” (Borup et al., 2006, pp. 285-286).

Riprendendo la terminologia utilizzata da Callon (1986), e più in generale dai teorici che si possono ricondurre al campo di studi della Actor-Network Theory (ANT), la creazione di un’aspettativa tecnologica può essere intesa come una forma di problematizzazione. La ANT analizza le storie che si sviluppano intorno a un oggetto tecnologico in termini di scontro/confronto tra network (o coalizioni) composti da entità eterogenee, umane e non, materiali e simboliche, che agiscono programmi contrapposti. La scelta di richiamarci allo schema concettuale della ANT deriva principalmente dal fatto che le aspettative che qui prendiamo in considerazione non riguardano appena la diffusione di una determinata tecnologia, quanto piuttosto le conseguenze che ne possono derivare. L’ambiente è uno degli attanti non umani dei quali viene vantata la partecipazione al programma d’azione. Per chiarire questo punto occorrerà riportare le fasi di cui si compone un processo di formazione di una coalizione:

- a) problematizzazione: in cui un attore principale definisce un problema, la sua soluzione, articola una narrativa, identifica alleanze tra attanti nonché i ruoli che questi dovranno seguire;
- b) interessamento: in cui l’attore principale mostra che gli interessi degli altri attanti consistono nell’acceptare la soluzione individuata;
- c) arruolamento: che si ha quando gli attanti individuati accettano i ruoli a loro assegnati nella problematizzazione;
- d) mobilitazione degli alleati: che si ha quando il network è in grado di agire e sviluppare il programma d’azione inizialmente definito (Magnani, 2011, p. 41 e ss.)

Prendiamo per ora in considerazione le prime due fasi, quella della problematizzazione e quella dell'interessamento. Possiamo ritenere che l'elaborazione di un'aspettativa fornisca ad un tempo una problematizzazione e, allo stesso tempo, permetta ad un grande numero di attori di vedere ridotte le incertezze, o almeno alcune, che derivano dalle attività di ricerca e innovazione soprattutto nei campi ad alto livello tecnologico caratterizzati da alti livelli di rischio competitivo. In tal senso l'inevitabilità apparente di un trend "è necessaria agli attori di un campo tecnologico per avere fiducia nel fatto che le loro attività di ricerca o i loro sforzi ingegneristici siano ampiamente accettati da altri attori del loro stesso campo" (Guice, 1999 p. 83). Ma non solo. "Le aspettative agevolano la comunicazione e l'interazione tra istituzioni e confini epistemici in processi di innovazione scientifica e tecnologica caratterizzati, come quelli attuali, da elevati livelli di complessità" (Borup et al. 2006, p. 287). Inoltre, per attrarre anche l'attenzione di attori non direttamente ascrivibili a un determinato campo tecnologico, devono "puntare in alto": per ottenere fondi dalle istituzioni finanziatrici, per orientare l'agenda politica e per costruire "spazi protetti" (Brown, 2003, p. 17; citato in Pollock e Williams, 2010).

Concordiamo inoltre con le indicazioni di Rosa e Scheuerman (2009) seguendo le quali un'altra importante funzione svolta dalle aspettative potrebbe essere quella di porre rimedio al fenomeno della desincronizzazione tra sottosistemi funzionali, fenomeno che deriva dall'accelerazione del cambiamento sociale. In questo senso una visione del futuro che sia in grado di apparire stabile e duratura fornisce un imprescindibile punto di riferimento per orientare, ma soprattutto e più semplicemente per poter effettuare, le scelte politiche.

La necessità di far "puntare in alto" le aspettative ha portato all'emergere di due fenomeni importanti: le aspettative iperboliche (o hype) e le folk theories.

"Affinché un'aspettativa iperbolica svolga la sua funzione, non importa tanto se sia vera o falsa, quanto piuttosto che venga presentata in una forma retorica a basso contenuto informativo, ma facente direttamente riferimento alla sua rilevanza per un contesto sociale" (Guice, 1999, p. 85).

Seguendo ancora Guice un'aspettativa iperbolica appare solitamente in forme sostanzialmente simili a questa: "è una tecnologia fantastica ed eccitante. Trasformerà ogni aspetto della vostra vita e della vita di tutta l'umanità".

Una folk theory "è una forma di aspettativa, basata in parte sull'esperienza, ma non necessariamente controllata in maniera sistematica. La sua robustezza deriva dal fatto di essere generalmente accettata e di far quindi parte del repertorio di un gruppo o, più in generale, di una cultura" (Rip, 2006, p. 349). Una volta insediata, una folk theory si configura come un vero e proprio paradigma interpretativo.

A nostro parere le due aspettative di cui tratteremo posseggono entrambe queste caratteristiche: sono state fondate da aspettative iperboliche e, eventualmente anche come conseguenza di ciò, non sono state soggette a verifiche sistematiche.

4.3 Le aspettative relative all'efficacia in termini ambientali dell'efficienza e delle ICT

Le due aspettative di cui trattiamo hanno avuto evoluzioni diverse. Non sono apparse contemporaneamente anche se, a partire da un certo periodo, hanno iniziato a condividere un percorso per certi versi comune. Quella che tratteremo per prima, quella relativa all'efficacia in termini ambientali dell'efficienza, ha iniziato a fiorire in un periodo di penuria energetica. Si può datare al 1973, l'anno del primo shock petrolifero, il momento nel quale iniziano ad emergere i discorsi relativi alle potenzialità dell'efficienza energetica

nella risoluzione di quello che era uno dei problemi principali che le economie dell'Occidente si trovavano di fronte: il mantenimento di un alto tenore di vita in un contesto di significativa e più evidente scarsità di risorse. Possiamo dire che inizialmente fosse piuttosto un mezzo per risolvere tali questioni, piuttosto che un mezzo per risolvere problemi ambientali. Il ragionamento di base che sottendeva a quei discorsi era relativamente semplice e ciò potrebbe aiutare a spiegarne la diffusione ed accettazione anche al di fuori degli ambiti cosiddetti esperti: investendo nella ricerca di una sempre maggiore efficienza saremo in grado di soddisfare i nostri (crescenti) bisogni, quindi di mantenere un (sempre più) alto tenore di vita, con un minor fabbisogno di energia. Stando alla cosiddetta teoria della modernizzazione ecologica, se è vero che i problemi ambientali nel passato sono stati causati dal particolare tipo di evoluzione economico-produttiva delle società moderne, allo stesso tempo sarà tramite un'ulteriore modernizzazione che questi stessi problemi potranno essere risolti.²⁶ Per soddisfare i nostri bisogni non dovremo più solo concentrare risorse intellettuali, economiche e materiali nella creazione di nuovi bisogni, ovvero di nuovi beni e servizi, ma anche e soprattutto nell'ottimizzazione delle fasi di produzione e consumo dei beni e servizi già esistenti. Uno dei prospettati esiti della modernizzazione ecologica è conosciuto come dematerializzazione dell'economia. Con questo termine si è soliti intendere quel processo suscettibile di apportare un uguale livello di produzione economica complessiva con un minor utilizzo di materia ed energia o, il che è lo stesso ma solo in termini relativi, una maggiore produzione economica a parità di materia ed energia utilizzata. Altri concetti, emersi successivamente e che accenniamo qui brevemente per completare il quadro degli strumenti ritenuti atti a raggiungere l'obiettivo della dematerializzazione dell'economia sono quelli del Faktor 4 (o Faktor 10), dell'eco-efficienza e del cosiddetto "quinto carburante". Il primo può essere inteso come il tentativo di definire i possibili esiti dell'applicazione di questa nuova razionalità ecologica ai sistemi economico-produttivi delle società industriali, definendo la lunghezza del cammino da intraprendere e i risultati attesi: data la presenza di una tensione innovativa incentrata sulla ricerca di una sempre maggiore efficienza, si sosteneva la possibilità che si sarebbero potuti ottenere in un futuro non troppo lontano beni e servizi richiedenti appena un quarto, o addirittura un decimo (da cui deriva il nome), dell'energia e della materia necessaria per la fabbricazione e/o per l'utilizzo di beni e servizi già conosciuti sul mercato e svolgenti funzioni equivalenti, e che questi miglioramenti potessero addirittura più che compensare gli aumentati consumi delle nostre società previsti nelle stime di crescita. Il concetto di eco-efficienza è senz'altro apparentato a quello di efficienza energetica anche se non ne ha raggiunto gli stessi livelli di notorietà. La differenza tra i due può essere riassunta nel fatto che mentre l'efficienza energetica riguarda, per l'appunto, l'efficienza della sola componente energetica dei consumi e della produzione (e dei relativi impatti, emissioni di CO₂ in primis), l'eco-efficienza riguarda tutte le risorse naturali e tutte le emissioni e gli scarti relativi. Il concetto di "quinto carburante" completa il tutto mettendo l'accento su di un altro fattore/valore non trascurabile, quello del risparmio energetico. Il termine richiama sia il fine della preservazione delle risorse energetiche, sia la valorizzazione delle competenze e dei valori diffusi - ad esempio nelle famiglie, in quanto altro attore svolgente un importante ruolo all'interno del sistema - in grado di riconoscere gli sprechi (le inefficienze) e di evitarli.

L'altra aspettativa, quella relativa alla dematerializzazione dell'economia attraverso l'informatica, segue la nascita dell'informatica e coesiste con gli albori della sua diffusione su larga scala nei paesi occidentali. Per quanto riguarda le aspettative relative alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione - e ricordiamo che ci si riferisce sempre e appena alle aspettative di ordine ambientale - possiamo dire che i primi discorsi relativi alle possibili conseguenze ambientali positive del loro utilizzo si basavano su quella

²⁶ Per una sintetica, ma completa, rassegna delle teorie della modernizzazione ecologica si rimanda a York et al. (2003).

visione conosciuta come “paperless office”, l’ufficio senza carta. “Quest’anno ci siamo giocati l’Austria” recitava uno spot del 1989 di WWF Italia, riferendosi all’estensione territoriale di foresta amazzonica disboscata l’anno precedente. Mentre le criptiche analisi degli impatti della produzione degli hardware e degli innumerevoli elementi e sostanze chimiche che vi dimorano venivano così lasciate alla conoscenza delle sole avanguardie tecniche, si è ipotizzato che, ricchi delle esperienze precedenti, non si sarebbe attesa l’informatizzazione completa della società per poi accorgersi di aver trascurato gli impatti ambientali negativi; in questo caso si poteva dire che l’ambiente e il processo produttivo andavano, già da subito, amorevolmente a braccetto, dove l’ambiente in questo caso veniva ad essere rappresentato dagli evitati disboscamenti. Nel 2010 il WWF elaborava un formato di file che non si potesse stampare (un file tipo “pdf” ma con suffisso “.wwf”); alcune aziende o istituzioni suggeriscono, a chi riceve le loro comunicazioni elettroniche, di riflettere sulla necessità di stamparle per il “bene dell’ambiente”. Sebbene risulti difficile credere che l’informatizzazione abbia portato ad una diminuzione del consumo di carta la visione dell’ufficio senza carta non è stata di certo abbandonata: ulteriori sviluppi tecnologici e comportamentali potranno ancora farla avverare.

Non si vuole certamente affermare che l’arruolamento dell’ambiente nel processo di diffusione delle tecnologie informatiche sia stato, in ultima istanza, il fattore decisivo e neanche uno dei più importanti, a spiegarne la diffusione, ma di certo si vuole far rilevare il fatto che ci si trovi di fronte ad un’alleanza duratura e per certi versi ricercata. Si tratta difatti di un caso nel quale i benefici per l’ambiente vengono arruolati preventivamente. Per quanto riguarda quei processi industriali di produzione e consumo avviati da tempo, i tentativi di regolamentazione basati su considerazioni di ordine ambientale sono giunti, per l’appunto, a maturazione commerciale avvenuta: si sono prodotte le lavatrici (qui citate per rappresentare buona parte dei beni di consumo ad alta intensità di energia stabilitisi a partire dall’epoca dell’elettrodomesticamento), si sono diffuse nel mercato, sono diventate indispensabili all’emancipazione delle donne all’interno delle moderne società occidentali, sono diventate un dispositivo essenziale per l’emersione di stili di consumo e poi, solo più in là, si è “scoperto” che le lavatrici inquinavano.

Si vuole evidenziare il fatto che, al di fuori di chi si occupava, magari per lavoro, con una certa continuità e con un certo rigore degli impatti ambientali delle lavatrici, questi non influivano - ovvero non erano presi in considerazione - sulle scelte di acquisto e di utilizzo. O, ancora meglio, non erano entrati a far parte di un discorso comune relativo all’efficacia in termini ambientali dell’acquisto di lavatrici. A partire da un certo momento la produzione e l’uso di lavatrici, così come di qualsiasi altro bene, poteva trarre vantaggio dal fatto di dimostrare (o di vantare) di avere l’ambiente “dalla propria parte”, o svantaggio dal fatto di non averlo.

Il legame che connette le ICT e l’ambiente sarebbe poi evoluto in forme che noi chiameremo di “seconda generazione” e “terza generazione”. La prima di queste riguarda tutti quei discorsi relativi alle potenzialità delle ICT di ridurre la necessità di consumo di materia ed energia di alcune specifiche pratiche. Il telelavoro, le teleconferenze, il commercio elettronico, venivano viste come soluzioni suscettibili di ridurre in modo anche significativo le esigenze di mobilità urbana, interurbana e addirittura internazionale. Esattamente come avviene per il legame di “prima generazione”, il fatto che il consumo di energia per spostamenti non sia diminuito non è sufficiente a sfaldarlo. Il legame di “terza generazione” riguarda le potenzialità delle ICT di rendere i processi (tutti o quasi) più efficienti, e questa volta tramite lo sfruttamento della impressionante capacità di elaborazione di informazioni propria di queste tecnologie, e non solo a causa di un effetto sostituzione come era invece nel caso delle due precedenti “generazioni”. Riprendendo le parole di Røpke et al. (2010), “così come precedentemente i piccoli motori elettrici erano stati integrati in una vasta gamma di apparecchiature domestiche e di strumenti al fine di sostituire la

forza muscolare, si può ritenere che il computer sostituisca o potenzi la capacità del cervello - la capacità di calcolare, gestire, comunicare e regolare”.

4.4 Gli effetti perversi portati dall'implementazione del programma d'azione

Ciò che cercheremo di mostrare ora sono i modi in cui le azioni necessarie all'implementazione del programma d'azione per l'efficienza, più sopra riportato - quindi non solo più i “semplici” miglioramenti dell'efficienza visti nel primo capitolo - rafforzano i meccanismi conducenti all'effetto rimbalzo o creano effetti negativi collaterali di altro tipo.

La questione derivante dalla problematizzazione poteva essere così riassunta: occorre orientare il sistema produttivo verso la ricerca di una sempre maggiore efficienza e questa, manifestandosi dapprima all'interno dei laboratori di ricerca (di enti pubblici o di imprese private), dovrà poi essere diffusa sul mercato (o nel sistema economico) moltiplicando in tal modo i benefici. Si tratta di quella che Alcott (2008) chiama *efficiency strategy*, strategia dell'efficienza, nella quale - restava sottinteso - la diffusione sarebbe stata tanto più efficace quanto più fosse stata rapida. La sua formulazione generale non è variata di molto nel corso dei decenni, anche se si possono rilevare differenze nelle modalità con le quali si è poi manifestata a livello pratico.

Questa problematizzazione sosteneva implicitamente che fino ad allora si era agito diversamente. Potremmo dire che la ricerca e l'innovazione fossero piuttosto orientate alla soddisfazione di nuovi bisogni dei consumatori e che la ricerca di maggiore efficienza fosse semmai limitata ai processi produttivi delle imprese in una semplice ottica di concorrenzialità, e non per la ricerca di una maggiore efficienza durante la fase di utilizzo da parte dei consumatori finali. Anche qui ci si troverebbe di fronte a un qualcosa che potrebbe essere definito strategia dell'efficienza, ma da intendersi non in termini ambientali quanto piuttosto come una delle possibili strategie di innovazione dell'impresa, tra quelle individuate ad esempio da Schumpeter. Ora, la problematizzazione sopra riportata ci mette di fronte a due motivazioni idealtipiche dell'innovazione: una orientata all'efficienza in fase di consumo e l'altra orientata alla creazione di nuovi bisogni, e quindi di nuovi beni e servizi. Detta in altri termini abbiamo da un lato quelle innovazioni che rendono possibile qualcosa che prima non lo era e, dall'altro quelle innovazioni che rendono più efficiente un processo già familiare.

Nella problematizzazione individuiamo inoltre due macro-azioni:

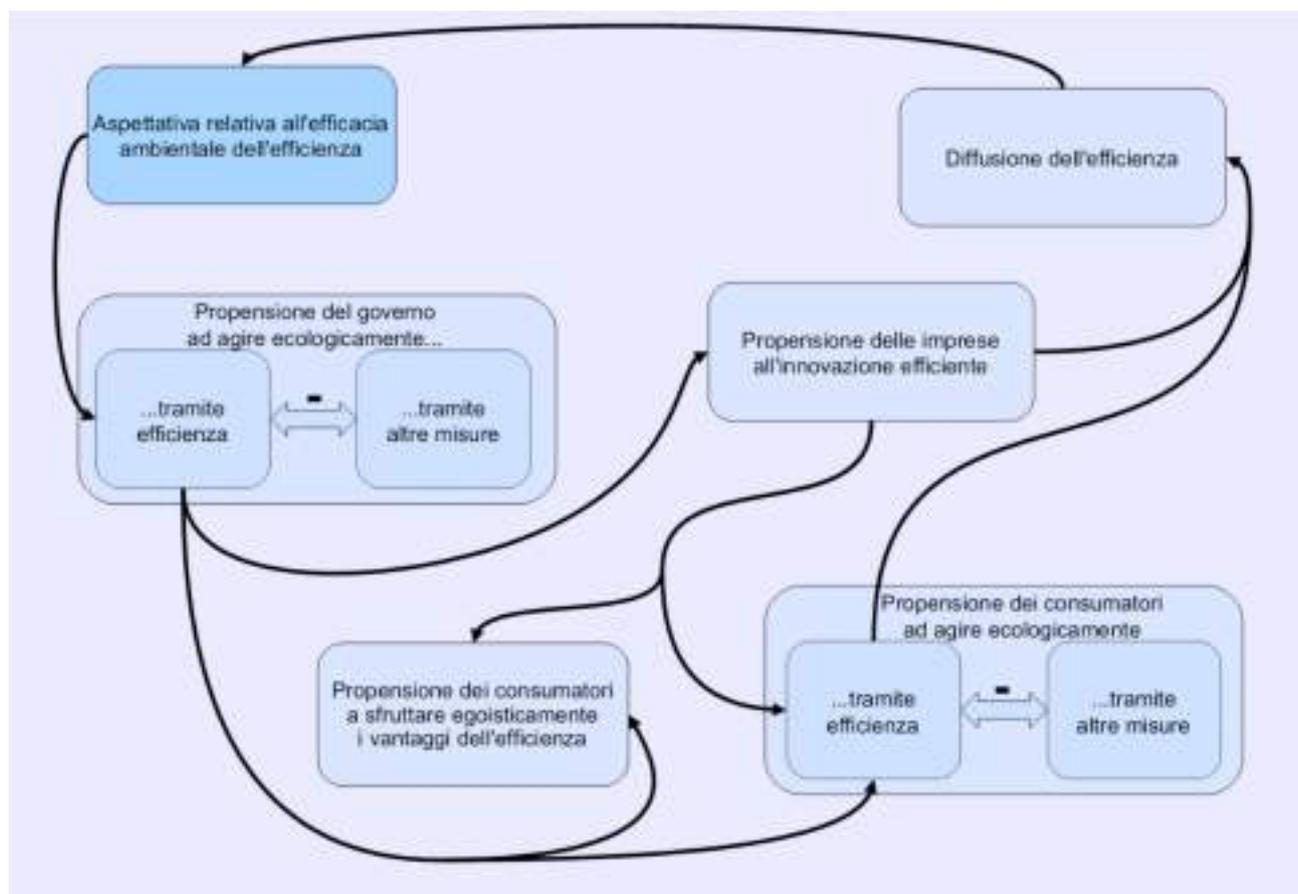
- 1) favorire e realizzare l'innovazione “efficiente”;
- 2) favorire e realizzare la maggiore diffusione possibile dell'innovazione efficiente. Il raggiungimento di questi due obiettivi derivava a sua volta dall'attuazione di diversi passaggi intermedi di cui si sarebbero dovuti far carico attori le cui caratteristiche proveremo più sotto a delineare.

Affinché un sistema si orienti verso l'efficienza occorre che le imprese investano in ricerca e sviluppo arrivando a proporre al mercato prodotti più efficienti; occorre che i consumatori acquistino tali nuovi prodotti; occorre l'intervento di un attore regolatore (ad esempio un governo nazionale) che rimuova il più velocemente ed efficacemente possibile le barriere che impediscono la creazione e l'espansione di un tale mercato nel caso in cui altri attori non siano in grado di svolgere tale compito in maniera altrettanto rapida ed efficace. Come si noterà non si rilevano differenze rispetto ad un qualunque tentativo di creazione di un mercato nei casi in cui l'apparato statale risulti esservi coinvolto. Per quanto riguardava la creazione di un mercato di prodotti efficienti era necessario l'intervento di un governo? Sì, se conside-

riamo che una domanda e un'offerta in tal senso non erano consistenti. Le imprese avevano come obiettivo quello di massimizzare i loro profitti, e nella problematizzazione non era presente il minimo accenno al tentativo o alla necessità di cambiare questo fondamento. Si trattava perciò di introdurre vantaggi per le imprese finalizzati a farle orientare verso l'efficienza. I consumatori avrebbero dovuto acquistare i prodotti più efficienti, ma per arrivare a ciò era necessaria prima di tutto la semplice esistenza fisica di prodotti più efficienti, nonché l'introduzione o il rafforzamento della motivazione al loro acquisto che, quando c'era, era intesa essere comunque debole.

In tutto questo il governo si configurava come l'attore in grado di creare le premesse affinché un mercato dei prodotti efficienti potesse esistere o, perlomeno, di essere l'attore in grado di dare il primo o più importante impulso alla sua creazione: da un lato doveva incentivare le attività di ricerca orientate all'efficienza; dall'altro doveva mostrare di avere intenzione e capacità di creare un mercato, in quanto senza sufficienti garanzie relative all'esistenza di un mercato le imprese non si sarebbero rivolte a tale "settore". Contemporaneamente una parte più rilevante di consumatori doveva essere messa nella condizione di riconoscere ed apprezzare l'efficienza.

Figura 1. Rappresentazione delle relazioni tra attori all'interno della strategia dell'efficienza



La figura qui sopra vuole rappresentare graficamente le relazioni tra i tre attori che agiscono all'interno del programma d'azione che deriva dall'accettazione della validità delle teorie relative all'efficacia ambientale dell'efficienza. Dei tre attori mostreremo le azioni e le funzioni che svolgono e le motivazioni da cui sono spinti. Assumeremo, per semplicità, che ogni funzione possa essere svolta dal solo attore a cui la collegheremo anche se, nella realtà, altri attori possono rafforzare o supplire attuando comportamenti

finalizzati allo svolgimento delle stesse funzioni. Gli attori “supplenti” possono poi essere sia gli stessi della problematizzazione sia loro forme di unione organizzate: enti transnazionali, lobby industriali, organizzazioni ambientaliste o di difesa dei consumatori, ecc.

Il governo si configura come ciò che potremmo definire attore principale²⁷. Senza il suo intervento la creazione del mercato di prodotti efficienti potrebbe sì avverarsi, ma ad una velocità probabilmente inferiore. Attribuiremo ad esso due motivazioni principali: la prima consistente nella volontà di risolvere problemi ambientali; la seconda consistente nella volontà di rispondere ad altri bisogni, tra cui rientrerebbe la volontà (o necessità) di tenere il passo dei sottosistemi più dinamici.

Affinché gli altri attori vengano arruolati si fa carico di diverse attività, fra le quali includiamo:

- a) favorire l’educazione ambientale: più propriamente quella che viene chiamata “educazione al consumo sostenibile”, dove si trova ciò che può essere inteso come un’ulteriore livello dell’attività di problematizzazione, che va a rafforzare quella più generale: viene definito un problema e i ruoli e le misure che diversi attori devono svolgere e attuare per risolverlo, e in cui l’azione diretta viene ad essere quindi stimolata evidenziando l’efficacia di soluzioni che si intende mostrare praticabili;
- b) fornire incentivi e agevolazioni fiscali: rivolti a chi acquista, quindi indirettamente anche a chi produce e innova, questi strumenti possono manifestarsi come incentivi una tantum per l’acquisto di beni più efficienti o come detrazioni fiscali. L’inserimento delle spese per l’acquisto di beni (apparecchiature o impianti) più efficienti nella limitata rosa di spese meritevoli di detrazioni fiscali, che ad esempio racchiude – lo ricordiamo – spese per l’educazione e per la salute, e donazioni ad organizzazioni filantropiche, è stato senz’altro un evento di portata non trascurabile; implica difatti sostenere che l’efficienza energetica porti benefici ai singoli e alla società e che tutti hanno il diritto ad avere elettrodomestici efficienti (e forse anche semplicemente ed implicitamente ad avere elettrodomestici);
- c) elaborare meccanismi tesi ad incrementare la fiducia e l’informazione dei consumatori: dove il sistema di etichettatura energetica elaborato a livello europeo rappresenta la più compiuta, e in continuo consolidamento, realizzazione.

Per quanto riguarda le imprese, queste dovrebbero orientarsi, come abbiamo già detto, verso la ricerca di una sempre maggiore efficienza dei sistemi da loro prodotti. A differenza di alcuni passaggi della già citata teoria della modernizzazione ecologica, nei quali si sostiene che le imprese diventeranno consapevoli della necessità di risolvere i problemi ambientali nel loro stesso interesse di lungo termine, arrivando così ad orientare ecologicamente le loro attività, qui stabiliremo essere l’utile economico di breve termine la loro unica motivazione. Come conseguenza di ciò agiranno per rafforzare e supportare le azioni finalizzate all’arruolamento dei consumatori già intraprese dal governo.

Ci troviamo qui di fronte a quella che può essere intesa come una debolezza della specifica attività di problematizzazione che stiamo qui analizzando. La distinzione tra innovazione orientata all’efficienza e innovazione orientata ai nuovi bisogni altro non è se non una distinzione idealtipica: trovava difficile riscontro nella realtà e la troverebbe ancora anche nel caso (comunque irrealistico) in cui la maggiore efficienza fosse l’unica caratteristica richiesta dai consumatori in un nuovo bene. Cosa significa difatti dire che le imprese devono puntare sull’efficienza e quali azioni implica per quella specifica impresa che intenda accogliere questo richiamo? Puntare sull’efficienza significa elaborare una strategia di ampio respiro eventualmente suscettibile di allontanare anche sensibilmente un’impresa dal settore originario di produzione, oppure è una scelta opportunistica che permette ad un’impresa di occupare una nicchia di

²⁷ Precisiamo che per quanto riguarda la Actor-Network Theory l’attore principale è quello che per primo formula la problematizzazione. Nel nostro caso si tratterebbe del gruppo di studiosi che ha teorizzato i benefici della strategia dell’efficienza.

mercato lasciata sguarnita e divenuta, più o meno casualmente, accessibile? La maggiore efficienza è il risultato di sforzi deliberatamente finalizzati a renderla effettiva, oppure emerge come sottoprodotto, eventualmente anche incidentale, di processi di innovazione non guidati da questo obiettivo? E inoltre, quale significato ha dire che un'impresa ha deciso di non puntare sull'efficienza? La si saprebbe riconoscere? Come sappiamo, dopo il periodo dell'imponente elettro-addomesticamento beni di largo consumo hanno visto aumentare la loro efficienza mentre beni completamente nuovi hanno fatto la loro apparizione sul mercato. Se per questi ultimi manca un termine di paragone per confermare il raggiungimento di maggiori livelli di efficienza, per i primi i cambiamenti non hanno mai riguardato la sola efficienza: le funzioni, la potenza, la velocità, così come il design, sono cambiati rendendo talvolta le versioni più recenti significativamente diverse rispetto alle precedenti, anche se ci si riferisce sia alle prime che alle ultime usando lo stesso sostantivo. Per rispondere ad alcune delle domande poste diremo che per le imprese puntare sull'efficienza è sostanzialmente una strategia di marketing più o meno opportunistica e improvvisata, all'interno di una cornice di immutate motivazioni.

Infine ai consumatori rimane il "compito" di acquistare i prodotti ora divenuti più efficienti. Ciò potrà avvenire se riterranno i beni da acquistare efficaci nella soddisfazione di alcuni bisogni (fra i quali quello di ridurre uno o più problemi ambientali) e se verranno rimosse le barriere al consumo di efficienza (alti investimenti iniziali, ecc.). Attribuiremo ai consumatori due motivazioni principali: la prima consistente nella volontà di risolvere problemi ambientali e la seconda nella volontà di trarre vantaggi egoistici o, perlomeno, di risolvere problemi di altro tipo, ovvero non ambientali.

Soggetti alle campagne di informazione e comunicazione provenienti dal settore pubblico e dalle imprese private saranno propensi a vedere nell'efficienza uno strumento utile a soddisfare il loro desiderio di risolvere alcuni problemi ambientali.

Nel momento in cui i consumatori acquistano i prodotti efficienti disponibili sul mercato si giunge al dispiegamento del potenziale dell'efficienza.

Come abbiamo visto nel primo capitolo i risparmi potenziali che potrebbero derivare dai miglioramenti nell'efficienza differiscono, in maniera più o meno sensibili, dai risparmi effettivamente conseguiti, come conseguenza dell'attivazione di diversi meccanismi che si è soliti raccogliere sotto la denominazione di effetto rimbalzo. Sempre nel primo capitolo è possibile ritrovare una descrizione delle logiche che sottendono a tali meccanismi.

Ciò che vorremmo proporre ora è un'analisi dei modi in cui le azioni intraprese dagli attori sopra descritti, all'interno del programma di diffusione dell'efficienza, possono contribuire da un lato a rafforzare il potere dei meccanismi dell'effetto rimbalzo di vanificare le potenzialità ingegneristicamente stimate dell'innovazione efficiente, e dall'altro a ridurre le possibilità di attivazione delle misure suscettibili di ridurlo e/o impedirlo.

"Growth strategy"

Non tutti gli attori sopra descritti sono dotati di volontà di agire ecologicamente. Per le imprese l'adesione al programma d'azione è un mezzo per il raggiungimento di un profitto. Per gli attori che sono invece dotati di volontà di agire ecologicamente, questa viene ad essere comunque accompagnata da motivazioni non ecologiche. Far leva su queste ultime può diventare essenziale per l'arruolamento anche di quegli attori già dotati di motivazioni ecologiche all'agire.

"Growth strategy", strategia della crescita, è il nome che viene dato (ad esempio da Schneider, 2008) ad

un processo che in realtà abbiamo già in parte descritto più sopra: per arruolare le imprese gli si prospetterà la possibilità di maggiori utili tramite un impegno ad aumentare la vendita di prodotti efficienti. Se la presenza di un effetto rimbalzo assume una valenza negativa dal punto di vista ambientale, allo stesso tempo può assumere una valenza positiva per alcuni attori economici o politici.

Confondere il processo con la sostanza

Fra tutti i modi in cui può avvenire l'adesione delle imprese al programma d'azione quello senz'altro più efficace consiste nel "legarsi le mani", come nel classico schema del "chicken game" nella teoria dei giochi. Nel nostro caso ciò potrà avvenire tramite il ricorso a un indicatore di diffusione dei prodotti efficienti: la misura sarà ritenuta così tanto più efficace quanto più sarà stata attuata. Ci troviamo qui di fronte ad uno di quei casi nei quali, per dirla con Illich (1975), il processo viene confuso con la sostanza. Egli aveva analizzato e evidenziato questo problema ritenendolo una conseguenza di quel fenomeno che lui chiamava "istituzionalizzazione dei valori": nel momento in cui una società delega ad una istituzione specifica il compito della cura, del rafforzamento e della trasmissione di un valore, la società nel suo complesso perde, in forme più o meno marcate, la capacità di valutare l'operato dell'istituzione delegata. L'istituzione definirà autonomamente i criteri che permettono di valutarla e tali criteri diventeranno perciò più funzionali alla protezione o al rafforzamento dell'istituzione piuttosto che alla protezione o al rafforzamento del valore. Valutare il livello di educazione di una popolazione dal numero di anni passati sui banchi di scuola, oppure il livello di salute dalla spesa sanitaria annua, sono casi esemplari di questo fenomeno. Nel nostro caso la confusione tra processo e sostanza si ha laddove una significativa diffusione di beni ad alta efficienza venga vista come prova dell'efficacia della strategia dell'efficienza.

Fare presa sui vantaggi egoistici

Il fatto che i consumatori siano anch'essi guidati da motivazioni di carattere egoistico sono ben note e sono quindi presenti in buona parte delle comunicazioni e delle campagne incitanti l'agire ecologico tramite efficienza. In esse vi si potranno trovare riferimenti al fatto che l'efficienza protegga contemporaneamente l'ambiente e l'economia (nazionale e/o domestica). L'ordine e la rilevanza relativa di uno dei due termini rispetto all'altro varierà a seconda del fatto che chi evoca questa formula voglia avere a che fare con chi ha più a cuore l'ambiente piuttosto che con chi ha più a cuore i propri risparmi, e ci si potrà attendere che le comunicazioni provenienti dalle imprese abbiano un accento prevalente sui risparmi economici. Una delle manifestazioni di questo fenomeno è quella in cui, fra i vantaggi segnalati dei beni efficienti si ritrova anche (o solamente) la quantità di denaro di cui si promette il risparmio. A nostro parere questa particolare strategia comunicativa, che potrebbe effettivamente essere necessaria alla diffusione dei beni più efficienti, ha come conseguenza negativa il fatto di rendere i consumatori più consapevoli di quello che viene chiamato effetto reddito, con la possibilità che ciò si traduca in una maggiore incisività dei meccanismi di effetto rimbalzo indotti dal prezzo.

Esagerazione dell'efficacia

Anche se i consumatori fossero solo orientati ecologicamente la necessità di diffondere l'efficienza spingerà comunque a far sì che le sue potenzialità come strumento per la risoluzione di problemi ambientali si ritrovino ad essere enfatizzate senza eccessive cautele. Conseguenza di tale processo è la soddisfazione del bisogno di agire ecologicamente che si traduce in ciò che alcuni – il fenomeno è già stato citato nel primo capitolo – chiamano effetto rimbalzo mentale (o psicologico): nel momento in cui il consumatore ecologicamente orientato attua una misura che ritiene efficace (perché gli è stato detto che lo è) può esimersi dall'agire ecologicamente successivamente (neutralizzazione della motivazione ecologica

all'agire) o può addirittura giustificare (a priori o a posteriori) azioni che egli stesso ritiene incoerenti con il suo desiderio di agire ecologicamente.

Enfatizzazione/occultamento di flussi

Un modo attraverso il quale è possibile enfatizzare le potenzialità, in termini ambientali, dell'efficienza è tramite la presa in considerazione dei soli flussi in entrata e/o dei soli scarti in uscita dal sistema che vengono effettivamente ridotti. Laddove dicendo efficienza si intenda l'efficienza energetica, solo gli effetti sugli scarti della produzione di energia, quindi ad esempio la diminuzione delle emissioni di anidride carbonica, verranno evidenziati. Nel primo capitolo avevamo parlato di quelli che noi abbiamo scelto di chiamare impatti incorporati e che sarebbe forse ora più opportuno definire come impatti occultati (o celati). Il loro occultamento non sarebbe necessariamente il fine deliberato, ma quantomeno l'esito collaterale dell'enfatizzazione di altri impatti. L'enfatizzazione di uno o alcuni flussi risponde anche a un'altra logica, che è quella di fornire una interpretazione semplice, sintetica e standardizzata degli impatti ambientali di una pratica di consumo.

Formazione di un valore condiviso

L'efficienza, in generale o più specificamente come efficienza energetica, si configura come un valore, o come una strategia, che raccoglie pochi disaccordi. Se per quanto riguarda il nostro paese l'Unione Europea è senz'altro il luogo che più di altri impone spinte su queste tematiche, tramite le numerose direttive e comunicazioni che regolano o che forniscono idee guida sul come raggiungerne gli obiettivi, anche gli enti territoriali minori non sono da meno, non fosse altro che per il fatto che è anche a livello locale che dovranno poi essere trovate le soluzioni adatte alle migliori applicazioni delle pratiche suggerite dagli enti territoriali sovraordinati. Regioni, Province e Comuni sono attivi, in maggiore o minore misura, nell'elaborare progetti e programmi che, facendo più o meno esplicitamente riferimento all'efficienza energetica, si muovono comunque all'interno di questo campo o con misure suscettibili di avervi ricadute. Ciò può avvenire sia tramite il ricorso a funzioni regolatrici, sia rafforzando la domanda tramite il potere di spesa pubblica, come nel caso del GPP (Green Public Procurement – Acquisti Pubblici Ecologici). Probabilmente dovuto al fatto che il contrario di "efficienza" possa anche essere "inefficienza" o "spreco", il supporto dei partiti politici agli incentivi per la diffusione dell'efficienza energetica, sebbene possa non sempre essere stato un punto fondamentale del programma politico, senz'altro non si è mai trovato ad essere apertamente messo in discussione. L'efficienza, in qualunque modo questa venga definita, è sostanzialmente bipartisan. Per fare un esempio, nell'agosto del 2011 uno dei manifesti pubblicizzanti la festa del Partito Democratico raffigurava una sfera composta da parole, evidentemente relative ai valori programmatici del partito, e in essa "efficienza energetica" figurava addirittura, per tutta la sua lunghezza, nel suo equatore visibile. Anche altre istituzioni dicono la loro sull'argomento. È sempre del 2011 l'elaborazione del Piano di Confindustria sull'efficienza energetica (Confindustria, 2011), ma anche ONG ambientaliste, come ad esempio Greenpeace Italia (2008), hanno detto la loro sul tema. Valutando forse insufficienti i passi compiuti dal governo nazionale, o più in generale da qualunque altro attore o sistema, nei rapporti prodotti da queste entità si comunica la necessità di mantenere viva l'attenzione e, talvolta, si ritrovano indicazioni di carattere anche tecnico su aspetti ritenuti non sufficientemente affrontati o su strumenti non considerati da altri soggetti. Basi così ampie di consenso hanno come conseguenza di ostacolare il dissenso: i propri genitori e gli amici, i propri vicini (quelli simpatici, ma anche quegli altri), il sindaco della propria città, il proprio e gli altri partiti, fino ad arrivare all'Unione Europea, tutti concordano sulle ricadute positive dell'efficienza, che si configura così come un valore "bandiera" al pari dello Sviluppo, della Crescita, della Pace, eccetera.

Equivalenza tra prodotto tecnologico e prodotto ecologico

Prendiamo un ipotetico nucleo familiare nel quale non vengano utilizzati elettrodomestici. Se questo stesso nucleo inizia a dotarsene - anche se questi fossero della più alta classe energetica disponibile - l'impatto sull'ambiente di questo nucleo familiare sarebbe maggiore rispetto a prima. Ebbene, indipendentemente dal fatto che questo particolare ragionamento trovi rispondenza nei dati reali, non è da molto che la sua validità ha iniziato a mostrare segni di cedimento nell'opinione comune, e più precisamente nel momento in cui pochi anni fa hanno iniziato a circolare comunicazioni pubblicitarie riguardanti il minore impatto del lavaggio delle stoviglie tramite lavastoviglie rispetto al lavaggio delle stoviglie "manuale". Certo il termine "manuale" non è usato appropriatamente nel momento in cui il paragone era in realtà con sistemi di lavaggio basati sulla produzione di acqua calda tramite boiler elettrici o scaldabagno a gas: c'è senz'altro una maggiore componente di energia metabolica, ma non per questo lo si può intendere come un sistema di lavaggio a bassa intensità di energia. Comunque il risultato ottenuto è stato quello di introdurre un dubbio: per "rispettare l'ambiente" è più efficace utilizzare prodotti tecnologici sempre più efficienti oppure adottare un approccio da semplicità volontaria?

È possibile individuare due manifestazioni delle conseguenze che derivano dal sorgere di un tale dubbio. La prima è la percezione di una sostanziale equivalenza tra bene tecnologico e bene ecologico, che può giungere fino al punto in cui per i beni ritenuti ad alto livello tecnologico non sarebbe nemmeno necessario valutare l'ecologicità, che senz'altro c'è.

La seconda è la critica dell'efficacia ecologica di misure non mediate da strumenti tecnologici: chi ha acquistato una nuova autovettura che rispetta i criteri imposti da normative europee, che emette quella determinata quantità di CO₂ per litro di carburante, calcolata secondo sistemi standardizzati e verificati, può dire di sapere qual è il suo impatto; chi avanza la pretesa di dire che sta "salvando il pianeta" perché va in bicicletta, può fare altrettanto?

Restringimento del repertorio d'azioni ecologicamente orientate

Se finora abbiamo messo in risalto quegli effetti perversi che portano a rafforzare i meccanismi che conducono all'effetto rimbalzo, concluderemo questa sezione cercando di individuare un possibile effetto perverso consistente nella riduzione della possibilità di attuare alcune delle misure che potrebbero invece ridurlo. Le azioni ecologicamente orientate possono assumere diverse forme, dove le soluzioni basate sull'efficienza rappresentano solo una parte di un più ampio repertorio di azioni. Laddove ad esempio si intendesse agire per ridurre il fenomeno del riscaldamento climatico sarebbe possibile: piantare un albero, evitare di tagliare un albero, fare in modo che altri piantino alberi, fare in modo che altri evitino di tagliare alberi, fare in modo che vengano ridotte le emissioni di gas serra delle proprie pratiche, evitare quelle pratiche che portano a emissioni di gas serra, fare in modo che altri riducano le emissioni di gas serra delle loro pratiche, fare in modo che altri evitino quelle pratiche che portano a emissioni di gas serra. Ognuna di queste possibilità potrà essere attuata in forme individuali o collettive, dirette o indirette, tramite il ricorso a sanzioni o agevolazioni, informazione o coercizione, persuasione o intimidazione, eccetera. Ognuna di queste modalità di azione inoltre compete con le altre.

L'efficacia percepita delle azioni dipende da una cornice interpretativa derivante dalla problematizzazione sopra delineata. Ora, l'attore che viene chiamato in causa nella strategia dell'efficienza è un attore che agisce tramite misure individuali e dirette, ovvero agirà con il fine di ridurre l'impatto delle proprie pratiche. Nel momento in cui le potenzialità in termini ambientali dell'efficienza si ritrovano ad essere vantate - indipendentemente dal fatto che quanto vantato sia o meno corrispondente alla realtà - diminuisce la possibilità e la propensione ad agire ecologicamente in altri modi. Se le misure basate sull'efficienza sono ritenute di per sé efficaci (e magari anche sufficienti), quanto si sarà disposti ad accettare o richiedere

tasse supplementari sulle emissioni? Quanto si sarà propensi ad agire, magari collettivamente, per richiedere l'introduzione di sistemi di contingentamento o quote?

4.5 Le difficoltà nella valutazione dell'efficacia delle azioni ecologicamente orientate

Nel primo capitolo abbiamo visto quali sono i meccanismi che non permettono il completo avverarsi delle potenzialità, in termini ambientali, dell'efficienza. In questo capitolo abbiamo poi cercato di mostrare come l'attivazione e la forza di tali meccanismi possano dipendere sia dalle stesse modalità con le quali vengono create le aspettative relative a tali potenzialità, sia dalle azioni che conseguono all'interessamento e all'arruolamento degli attori individuati in fase di problematizzazione.

Abbiamo ipotizzato che alcuni degli attori coinvolti nel programma d'azione fossero dotati di una motivazione all'agire che abbiamo definito ecologica. A dire il vero non è neanche necessario che costoro siano ecologicamente orientati, quanto piuttosto che mettano in atto quelle pratiche che si vogliono vedere attuate da chi avanzi la pretesa di definirsi "attento all'ambiente". Ne consegue che per una parte dei consumatori mobilitati nel programma d'azione non si avranno tentativi di valutare l'efficacia in termini ambientali delle proprie azioni. In alcuni casi, come abbiamo ipotizzato, l'efficacia in termini ambientali verrà ad essere indicata dall'impegno profuso nell'attuare le misure che si intendono eco-efficaci. Chi invece fosse interessato a conoscere l'efficacia riuscirà a stabilirne l'entità? Sarà in grado di capire se la variazione nel livello di consumo, che consegue all'aumento dell'efficienza, abbia portato a far sì che l'efficacia della misura intrapresa risulti essere minore rispetto a quella attesa o, ancora peggio, abbia portato a risultati controproducenti? Per dirla in altri termini, è possibile che lo schema della Figura 1, rappresentante un processo autoaccrescitivo, possa essere frenato o interrotto da dati sull'effettiva efficacia della misure basate sull'efficienza?

Abbiamo già visto nel primo capitolo la presenza di difficoltà rilevanti nel misurare l'effetto rimbalzo. Quali difficoltà incontrano quegli attori che comunque non hanno a disposizione neanche tutti gli strumenti utilizzati dagli specialisti? Ritorniamo perciò al personaggio presentato all'inizio di questo capitolo. Di fronte ad una situazione nella quale egli registrava un divario tra il risultato atteso e il risultato effettivo avevamo azzardato la possibilità che, come conseguenza, egli arrivasse a mettere in discussione la validità delle aspettative che fondavano il suo agire. Ora, mettere in discussione aspettative è una opzione impegnativa e costosa, e lo è tanto più quanto più queste sono consolidate. Diremo perciò che è una operazione che si potrebbe essere tentati di intraprendere qualora si sia riconosciuta preventivamente l'esistenza di una discrepanza tra risultati attesi e risultati effettivi. Il "nostro" personaggio ha creduto di averla riconosciuta, ma abbiamo da subito fatto presente che ciò derivava dall'individuazione di un nesso di causalità alquanto discutibile. Cosa occorre in generale per poter riconoscere l'esistenza di un divario tra risultati ambientali attesi ed effettivi? Occorrerà essere o venire a conoscenza: a) di dati relativi allo stato dell'ambiente, o di un suo componente specifico, che siano precedenti la realizzazione di una misura ambientale; b) della variazione attesa in seguito alla realizzazione della misura; c) di dati relativi all'ambiente una volta compiuta l'attuazione della misura.

Si tratta di una operazione difficilmente effettuabile con un livello di precisione soddisfacente e ciò a causa delle tipologie di dati ed esperienze con le quali individui, famiglie e gruppi scoprono alcuni stati dell'ambiente e/o i propri impatti. Questi possono giungere sostanzialmente attraverso due modalità complementari: a) tramite esperienze sensoriali, dirette o indirette, la cui interpretazione sarà stata resa pos-

sibile da precedenti contatti con b) documenti e dati, aventi attraversato un numero più o meno grande di operazioni di traduzione. La prima modalità, oltre a non permettere l'esperienza degli impatti che sfuggono ai sensi, non ne permette una precisa valutazione quantitativa. La seconda modalità può a sua volta essere distinta a seconda che i dati si riferiscano a: a) i propri impatti, che a loro volta possono essere conosciuti nella loro totalità oppure no, e che possono essere espressi in forma sintetica (ad esempio tramite un indicatore) o completa e quindi sostanzialmente incomprensibile e inaccessibile ai più; b) gli impatti di beni e pratiche "standard", che necessitano quindi di operazioni di comparazione-adequamento ai beni concretamente utilizzati e alle pratiche concretamente attuate da chi li legge, e che si ritrovano sovente sottoposti ad una comparazione tra beni e pratiche svolgenti le stesse funzioni; c) gli impatti aggregati, ai quali si dà un contributo, ma del quale non si conosce precisamente l'entità relativa. Le caratteristiche qui sopra elencate non sono da intendersi come forme pure, potendosi avere la combinazione di pluralità di esse. Ciò che si vuole evidenziare sono piuttosto le numerose difficoltà che bisogna affrontare al solo scopo di valutare con precisione la situazione di partenza. Ora, l'agire ecologicamente orientato può essere inteso come quell'agire finalizzato alla riduzione del proprio impatto ambientale o al miglioramento di un indicatore ambientale, quindi alla riduzione dell'impatto altrui o al rafforzamento delle capacità dell'ambiente di reagire/resistere agli impatti di origine antropica. Questa definizione ci mette di fronte a due questioni che cercheremo perlomeno di delineare e che sono importanti nella misura in cui mettono in luce le difficoltà che si incontrano volendo perseguire la visione consistente nel vedere nell'attore ecologicamente orientato un attore che possa arrivare ad essere guidato da una compiuta razionalità. La prima è che occorrerà individuare le azioni e le misure che permetteranno di giungere al risultato desiderato. Queste possono in alcuni casi accompagnare la stessa diagnosi, come abbiamo visto precedentemente. La seconda è che il risultato desiderato risulta condizionato dalle modalità con le quali è emerso nell'ultimo passaggio di traduzione subito dal dato ambientale "di laboratorio" prima di essere interpretato dall'attore. Limitandoci a prendere in considerazione singoli individui o singole unità famigliari, quali sono i mezzi attraverso i quali è possibile conoscere l'entità dei propri impatti ambientali, il proprio livello di sostenibilità e le variazioni che in essi conseguono al cambiamento di stili di vita e di consumo? Qui sotto abbiamo provato a stilare un elenco, che non vuole essere esaustivo, ma che ci permetterà di individuare alcune caratteristiche idealtipiche:

- 1) Sistemi tipo LCA. Si tratta di strumenti che permettono sì di ottenere altissimi livelli di precisione e di dettaglio, ma pongono difficoltà che li rendono di fatto non utilizzabili su larga scala. Fra queste rientrano l'altissimo costo di produzione e, come conseguenza di ciò, il fatto che possa essere limitato più che altro a fornire comparazioni una tantum tra gli impatti di due o pochi beni equivalenti. L'altro aspetto è che quanto più permette di guadagnare in completezza tanto più perde in possibilità di sintesi. In conseguenza di ciò i dati ottenuti non sono facilmente interpretabili da utenti privi di preparazione specialistica o, comunque, di una forte motivazione a conoscere gli impatti di determinate pratiche;
- 2) Versioni divulgative di Ecological Footprint. A risolvere parte delle debolezze proprie dei sistemi tipo LCA possono giungere indicatori quale quello della Ecological Footprint. Questo rende possibile la ponderazione di diverse tipologie di impatti e fornisce un'indicazione relativa alla distanza dal punto di sostenibilità, là espresso in termini di biocapacità. In altri termini lo strumento permette di scoprire quanto si è lontani dall'essere sostenibili. Le versioni semplificate dello strumento a cui è possibile accedere gratuitamente su internet restituiscono quella che può essere definita una buona approssimazione dell'impronta ecologica di individui e di famiglie in un momento dato. Di contro non sono in grado di restituire con un elevato grado di precisione l'efficacia ambientale di singoli mutamenti nei consumi, vuoi perché non si richiede l'immissione di dati relativi all'uso di determinati beni, come ad

esempio l'asciugacapelli o l'aspirapolvere, la salsa di soia biologica, il tablet, vuoi perché anche qualora venissero richiesti si potrebbe dare solamente una risposta che il più delle volte sarebbe approssimativa, in quanto il bene utilizzato è molto più (o molto meno) impattante della media degli stessi beni concretamente utilizzati all'interno di una società e inseriti per questo motivo nel modello di calcolo. Maggiori livelli di approssimazione risultano perciò condizionati alla cura che l'utente ripone nella compilazione, che a sua volta è condizionata dalla struttura e dal dettaglio del modello;

- 3) Lettura di bollette, bilancio delle spese, “smart metering”, ecc. Oltre agli strumenti più o meno specialistici di contabilità ambientale e alle loro versioni semplificate, gli individui e le famiglie possono verificare indirettamente i propri livelli di impatto ambientale (ma soprattutto le loro variazioni) utilizzando strumenti che non hanno necessariamente questa come loro principale funzione, oppure creando da sé strumenti di verifica e controllo. La lettura delle bollette energetiche o gli strumenti elettronici tipo “smart metering”, che potrebbero agevolare la lettura istantanea dei consumi e l'interpretazione di quanto contenuto nelle bollette, coniugano il vantaggio della maggiore facilità di controllo con la debolezza insita nel fatto che questi permettono di concentrarsi su una sola tipologia di consumi, che tra l'altro è spesso indicata indirettamente tramite valori monetari;
- 4) Ascolto di “portavoce”: un'altra possibilità è quella di non fare affidamento sui dati “duri” (perché di difficile reperimento, di difficile interpretazione, perché solitamente di difficile adeguamento alla micro-sfera familiare dei consumi) e di basarsi sulle reazioni dei familiari, dei pari, del gruppo di riferimento, eccetera. Si valuti ad esempio il caso in cui in una famiglia uno dei figli, ritornato a casa dopo una convincente ed entusiasmante lezione di educazione ambientale, chieda insistentemente che vengano sostituite tutte le lampadine ad incandescenza con lampadine a basso consumo energetico. Qualora la richiesta venisse accolta il fatto che l'impatto ambientale della famiglia si sia ridotto sarebbe dimostrato dal fatto che le lamentele e le richieste del figlio, che in questo caso fungeva da “portavoce” dell'ambiente, siano cessate. Questo esempio ci porta ad individuare i casi in cui è possibile riconoscere l'esistenza di una aspettativa (o, meglio, di una folk theory) relativa all'efficacia ambientale di una misura o di uno strumento. Riprendendo l'esempio appena fatto, si sarebbe in presenza di una folk theory qualora la cessazione delle richieste, che segue la concreta adozione della misura, fosse la prova del fatto che il nostro interlocutore sia un valido “portavoce” dell'ambiente²⁸.

Riconoscere e, soprattutto, quantificare con precisione i propri impatti, le variazioni attese e i nuovi livelli di impatto è un'operazione che consta di numerose difficoltà di ordine tecnico e (eventualmente anche di conseguenza) di notevoli barriere motivazionali. Il più delle volte sarà ritenuto sufficiente l'aver “soddisfatto” i vari portavoce dell'ambiente con cui si è entrati (casualmente o volutamente) in contatto, senza che si sia preso in considerazione se tale “soddisfazione” fosse consistente o di misura o, più in generale, se fosse fondata. Allo stesso modo valutare l'efficacia delle misure basate sull'efficienza risulta ostacolato da altri fattori:

- la presenza di impatti incorporati;
- la difficoltà nel reperimento dei dati e nello svolgimento di accurate misurazioni;
- la possibilità che l'efficacia venga erosa con l'andare del tempo, a causa del reinvestimento dei risparmi monetari conseguiti;
- il mancato riconoscimento della necessità di valutare l'efficacia effettiva: tanto più probabile quanto maggiore è la forza dell'aspettativa.

²⁸ Il significato del termine “portavoce” è ripreso da Latour (1998).

L'aspettativa relativa all'efficacia delle soluzioni basate sull'efficienza si ritrova così a non poter facilmente essere indebolita, ma di per sé neanche a poter essere facilmente rafforzata, da dati. Essa si situa ad un livello teorico costruito in base ad una logica lineare e soprattutto ingenua (cfr. cap.2, parte 1, par.5), nel quale questa regge. Il legame tra efficienza ed ambiente risulta di conseguenza essere difficilmente dissaldabile. Lo stesso dicasi per quanto riguarda il legame tra ambiente e ICT: le nuove tecnologie informatiche permetteranno la riduzione del consumo di carta così come permetteranno di fare a meno di spostamenti e viaggi di lavoro, quotidiani o occasionali. Se ancora ciò non avviene è perché non si è ancora trovata la "chiave" giusta o perché non si sono ancora attribuite abbastanza risorse per far avverare tale destino.

Inoltre, anche nel caso in cui dovessero emergere dati mostranti in modo inequivocabile la presenza di un divario tra efficacia attesa ed effettiva, mettere in discussione l'aspettativa consolidata può essere reso più difficile dalla presenza di altre possibili interpretazioni: la misura intrapresa può essere ritenuta di per sé efficace, ma altre cause o forze possono nel frattempo essere intervenute agendo in direzione contraria; la misura può essere stata intrapresa in modo non ottimale o blando; si può infine ritenere che i dati mostrati per provare il divario tra efficacia attesa ed effettiva non siano corretti, eventualmente perché esagerati dai media o da associazioni o gruppi ambientalisti.

5. LE DOMANDE COGNITIVE DELLA RICERCA EMPIRICA

La fase di produzione del materiale empirico era principalmente mossa dall'idea che i discorsi sull'effetto rimbalzo e sul backfire, emersi e rimasti finora sostanzialmente contenuti all'interno del campo di studi dell'economia energetica, potessero essere in grado di minare profondamente la validità delle teorie sull'efficacia in termini ambientali dell'efficienza, e che pertanto venirne a conoscenza potesse portare ad una rimodulazione del repertorio di azioni ecologiche. Qualora le teorie del backfire si manifestassero al di fuori del campo di studi dell'economia energetica, l'eventuale smobilitazione dell'ambiente dal programma d'azione per l'efficienza porterebbe a ciò che nel lessico ANT viene definito tradimento, ovvero l'arruolamento dell'ambiente all'interno di una coalizione agente un programma in competizione con quello originario, e quindi a rimodulare l'importanza relativa accordata alle diverse possibili modalità di agire ecologicamente orientato?

Le domande originarie che si siamo posti possono essere così riassunte:

- gli attori ecologicamente orientati sono a conoscenza di quel fenomeno noto come effetto rimbalzo?
- se ne sono a conoscenza, concordano con le valutazioni più critiche date dalle “teorie del backfire”?
- se non ne sono a conoscenza, quali saranno le loro reazioni alla “scoperta” dell'effetto rimbalzo e, soprattutto, del backfire?
- se invece ne sono a conoscenza e in più ritengono plausibili tali teorie, hanno posto in dubbio, e conseguentemente rimodulato, il proprio repertorio di azioni ecologiche?

A queste domande abbiamo poi aggiunto quelle che discendono dal fatto che le tecnologie dell'informazione e della comunicazione posseggano quelle caratteristiche di pervasività – oltre ad essere caratterizzate nella loro evoluzione recente da ragguardevoli miglioramenti nell'efficienza - che, stando a quanto visto nel primo capitolo, dovrebbero condurre con maggiori probabilità a situazioni di backfire. Abbiamo perciò cercato di indagare la percezione relativa alle conseguenze ambientali di una loro maggiore diffusione e di individuare eventuali segni che permettessero di anticipare le difficoltà che si potrebbero incontrare nel momento in cui i loro effetti ambientali negativi, diventando più rilevanti, dovessero essere in qualche modo ridotti. Gli individui che agiscono ecologicamente sono quelli che sia hanno a cuore l'ambiente, sia riescono a superare le barriere che si frappongono all'agire ecologico. Se gli stessi che oggi riescono ad agire ecologicamente dovessero regolare (sia quantitativamente che qualitativamente) l'uso delle ICT, quali ostacoli (si) potrebbero incontrare?

Le domande relative sono state le seguenti:

- gli individui ecologicamente orientati sono a conoscenza dei discorsi forntenti interpretazioni sul collegamento (sia positivo che non) tra le ICT e l'ambiente?
- l'utilizzo delle ICT è guidato da considerazioni ecologiche?
- se lo è, l'agire ecologico concernente le ICT differisce dall'agire ecologico concernente altri beni e servizi?

5.1 Le (non) apparizioni dell'effetto rimbalzo

Nelle interviste che avremmo effettuato avremmo perciò, tra le altre cose, cercato di testare le conseguenze della “immissione” dell'effetto rimbalzo all'interno di interazioni discorsive. Si sarebbe trattato di uno “stimolo” completamente nuovo? Avremmo avuto qualche possibilità di interagire con individui che già avevano fatto almeno qualche ragionamento sull'argomento? Oppure avremmo incontrato persone molto informate sull'argomento?

5.1.1 Le apparizioni dell'effetto rimbalzo...

Venire a conoscenza dell'effetto rimbalzo e/o del Paradosso di Jevons non è un fatto molto comune. Durante il periodo della preparazione e realizzazione della ricerca le “apparizioni” di questi argomenti al di fuori delle pubblicazioni specialistiche sono state limitate. Tenendo conto del fatto che a tal riguardo non si è svolta una ricerca sistematica, nel periodo in cui si è svolta la ricerca (dal 2011 in poi) e nel periodo appena precedente, siamo venuti a conoscenza di due articoli nei quali l'argomento è stato trattato in lingua italiana su riviste di una certa rilevanza e tiratura. Il primo è apparso su *Le Monde Diplomatique* del Luglio 2010, il secondo sulla rivista *Internazionale* del 4 Marzo 2011. Quest'ultimo riportava quanto apparso su di un articolo del *The Guardian* che, a sua volta, proponeva una sintesi dei risultati di un recente rapporto dell'americano *Breakthrough Institute* (Jenkins et al., 2011. Già citato nel primo capitolo).

A partire da quel momento abbiamo deciso di tenere sotto osservazione il web per verificare le successive apparizioni dell'argomento.

A tal fine si è usufruito del servizio di “Google Alert” al quale è stato chiesto di segnalare la pubblicazione sul web di pagine contenenti - sia con l'opzione “frase esatta” che non - i termini chiave “effetto rimbalzo”, “Paradosso di Jevons”, così come anche gli equivalenti in lingua inglese “rebound effect” e “Jevons paradox”. Nel periodo compreso tra il 9 Marzo 2011 e il 5 Aprile 2012 questi argomenti sono apparsi su 23 pagine web in lingua italiana, intendendo ovviamente solo quei casi nei quali tali termini erano utilizzati con riferimento ai temi dell'efficienza energetica e delle politiche ambientali. Come difatti già accennato nel primo capitolo molto più spesso “effetto rimbalzo” era utilizzato per spiegare la situazione economica.

Con cosa potevano entrare in contatto gli internauti? Prima di tutto occorre far presente che entravano in contatto con testi della lunghezza approssimativa inferiore a una cartella e, in rari casi, di circa 3 cartelle. I complessi meccanismi che portano all'effetto rimbalzo sono perciò spiegati in forme estremamente sintetiche. Vediamo allora cosa rimane dopo le operazioni di traduzione e sintesi (i corsivi sono nostri):

Per giustificare la scelta dell'argomento si pongono in evidenza gli aspetti più nefasti, come ad esempio i casi nei quali l'effetto rimbalzo è più significativo...

Questo è l'effetto rimbalzo: quando l'efficienza tecnologica di un prodotto – come il condizionatore – aumenta, ma il risparmio finale – in termini di costi ed energia – è *decisamente* più ridotto rispetto alle aspettative.

...o il fatto che sia un fenomeno inevitabile...

Una fabbrica ad esempio di acciaio diminuendo i costi di produzione a fronte di una ridotta spesa energetica [...] ci sarà un minore costo dell'acciaio che *inevitabilmente* porterà ad un aumento della domanda.

...a tal punto da rendere inutili alcune politiche ambientali ed energetiche:

La cattura chimica della CO₂ dall'atmosfera non è la soluzione al global warming, perché ha costi enormi e può

produrre effetto rimbalzo. [...] La diffusione di questa tecnologia stimolerebbe ulteriormente le emissioni, “perché tanto poi vengono assorbite.”

Si chiama Paradosso di Jevons, e *funziona sempre*. Più energia si ha a disposizione e più se ne chiede, all'infinito. Se costruissero altre 50 centrali [nucleari], ci sarebbero ugualmente momenti di saturazione.

Nello spiegare il funzionamento dei meccanismi dell'effetto rimbalzo ne viene messo in risalto uno solo e questo, spesso, prevede una forte attribuzione di responsabilità al comportamento degli utenti finali...

I proprietari delle auto più efficienti tendono a guidare più spesso. ... Chi usa le lampadine a risparmio energetico le tiene accese più a lungo di quelle tradizionali.

...i benefici ambientali ottenibili dalle tecnologie ecologiche vengono in buona parte ridotti (e in alcuni casi addirittura annullati) per via del *cattivo uso* delle stesse.

Non basta avere lampadine a basso consumo e auto superefficienti per essere ecologici, bisogna anche *usarli bene*.

Per ora forse la soluzione è non comprare 3 litri di latte se per fare il budino ve ne servono solo 2.

...che può a sua volta dipendere dal “sistema” in cui questi si trovano (ma al quale comunque partecipano):

Certo l'effetto rimbalzo, è sempre in agguato. Soprattutto in un Paese [gli Stati Uniti] che continua ad essere, nonostante la crisi economico-ambientale, totalmente orientato verso il consumo, verso gli affari (in senso lato) e nel quale ci si sente costantemente sotto l'influenza di una competitività che contagia ogni aspetto della vita.

In un solo caso si è cercato di sminuire il fenomeno, tramite considerazioni basate sulla (e con validità limitata alla) particolare congiuntura economica:

Si fanno meno km per risparmiare sul carburante, e se si acquista una nuova auto più efficiente, non si utilizzano i risparmi per percorrere più km, ma per ridurre l'impatto dei maggiori costi, visto che non c'è una crescita economica che permette di assorbire questi aggravi.

Numerose sono anche state le proposte di soluzioni al problema che, in parte, dipendono da quelli che sono stati i meccanismi posti in risalto. Qui ad esempio si fa riferimento a quello che abbiamo definito effetto rimbalzo mentale, anche se non viene spiegato quale soggetto dovrebbe farsi carico di tale misura, se i soliti vituperati consumatori, o altri soggetti...

...è necessario un cambiamento di comportamenti e abitudini nei consumatori: non lasciarsi tentare dall'abbassare ulteriormente la temperatura del condizionatore, tranquillizzati dal fatto che è un modello efficiente.

È chiaro che bisogna evitare la trappola del paradosso di Jevons o «effetto rebound»: ovvero ciò che si risparmia non deve essere reimpiegato per nuovi *usi superflui*! Se ho ridotto il consumo energetico con una lampadina a basso consumo, *sarebbe idiota* lasciarla accesa più ore del necessario o metterne due là dove ne avevo una. [...] a parità di livello di comfort raggiunto, il risparmio conseguito con l'efficienza deve andare a beneficio della collettività (ovviamente dietro pagamento del prezzo di mercato!) in modo che i consumi si abbassino realmente in tutto il paese.

...mentre nei brani qui sotto si fa esplicito riferimento alla necessità di misure fiscali o all'utilizzo di indicatori la cui applicazione permetterebbe il mutamento dei valori di riferimento agevolanti il funzionamento

dei meccanismi dell'effetto rimbalzo. Se teoricamente le soluzioni ci sarebbero, nella pratica queste sono di difficile applicazione:

Alcuni esperti auspicano una carbon tax, mentre altri immaginano una produzione di energia a emissioni così basse di carbonio, che sia irrilevante quanta ne viene consumata.

...una politica tariffaria volta a contenere i consumi energetici si scontra con un'opposta aspettativa di bassi prezzi energetici, un'aspettativa anche alimentata ad arte, perché il consumatore deve sempre consumare di più; del resto: si è mai visto un mercante che si fissa l'obiettivo di vendere meno? Pertanto, occorrerebbe elaborare una politica fiscale che rimoduli le imposte: alleggerendole sul lavoro, sulle prestazioni, e inasprendole sui consumi dei beni materiali, soprattutto su quelli non rinnovabili come gli idrocarburi.

E' quindi prioritario riorientare il valore aggiunto (risparmio) che si ottiene dalle buone pratiche di efficienza energetica affinché integrino gli indicatori della post-crescita anziché i fattori del Pil.

Il ripetuto richiamo al miglioramento dell'efficienza è controproducente se non è accompagnato da altre misure, perché al posto di stimolare a consumare meno, si stimola a consumare di più. [...] il problema è che le misure che dovrebbero accompagnare i miglioramenti nell'efficienza dovrebbero essere misure di pianificazione, di razionamento.

Le soluzioni a questo paradosso non sono semplici, c'è chi spera in una riduzione delle emissioni tale da poter essere trascurata, c'è chi vorrebbe inserire tasse sui consumi reali (benzina, elettricità, gas), c'è chi cerca di applicare moralità al nostro sistema economico.

Una soluzione strutturale potrà quindi nascere quando ci porremo la giusta domanda sul perché aumentiamo sempre più i chilometri percorsi: è proprio il disegno delle nostre città che oggi non funziona più.

In un caso la soluzione proposta (per ovviare agli effetti rimbalzo indotti dal prezzo) risulta però essere nient'altro che un'ulteriore spinta verso l'efficienza:

Nello studio vengono anche citati una serie di espedienti "salva energia" per climatizzare gli ambienti della casa e risparmiare energia [senza cadere nell'effetto rimbalzo]: a partire dall'isolamento di pareti e soffitto, al revisionare periodicamente i condotti d'aria, intervenendo su finestre e porte con opere di sigillatura e schermando le vetrate.

Per fare un breve accenno ai risultati emersi dalla ricerca sulle pagine web in lingua inglese, che però non abbiamo analizzato con lo stesso livello di dettaglio, diremo che il numero di apparizioni è stato maggiore (all'incirca 2-3 volte superiore). Ciò può dipendere oltre che dalla maggiore numerosità di internauti inglesi, anche dalle loro diverse modalità di utilizzo del web. Forse anche come conseguenza di ciò il livello di approfondimento e di discussione sull'argomento è (ovviamente non sempre) di qualità marcatamente superiore. Vi si ritrovano dibattiti, anche accesi, tra i sostenitori delle due opposte "fazioni", dibattiti ai quali partecipano gli stessi studiosi del fenomeno. È interessante inoltre rilevare la presenza, non rilevata sulle pagine italiane, di una evidente volontà di denigrare e ridicolizzare le teorie del backfire: chi se ne fa portavoce lo farebbe con il solo fine di attirare l'attenzione e guadagnare visibilità, mettendo a repentaglio le efficaci strategie nazionali (statunitensi) per l'efficienza. I dibattiti risultano inoltre essere più intensi in prossimità dell'apparizione di articoli sulla carta stampata: in seguito all'uscita dell'articolo "The Efficiency Dilemma" sul The New Yorker del 20 Dicembre 2010; in seguito all'uscita del già citato articolo del The Guardian nel quale venivano proposti i risultati dello studio del Breakthrough Institute.

5.1.2 ... e le mancate apparizioni

Significativo è il fatto che l'effetto rimbalzo risulti sconosciuto anche fra chi si occupa, per lavoro, di miglioramenti dell'efficienza e di politiche per la diffusione dell'efficienza. I tecnici che si occupano di migliorare l'efficienza di apparecchiature o impianti o di diffonderla in un territorio non sono d'altronde tenuti, e non viene richiesto loro tale sforzo, a dover prendere in considerazione le conseguenze sistemiche che potrebbero derivare da tali miglioramenti. Qualora un tale sforzo dovesse essere richiesto occorrerebbe abbandonare i rassicuranti dati "duri" che emergono dalle rilevazioni di laboratorio, incrementando in maniera significativa le risorse necessarie a correggere e ridefinire i risultati attesi nel lungo termine. Si tratta di un ostacolo che, oltre che tecnico, è anche meramente economico. Da ciò potrebbe emergere una spiegazione del fatto che l'effetto rimbalzo risulti essere assente in buona parte di rapporti e programmi sull'efficienza, così come nelle stesse comunicazioni, e altri documenti, prodotti sul tema in seno alla Commissione Europea. Laddove l'effetto rimbalzo è invece nominato lo si ritrova appena, più che altro per dovere di completezza e precisione, presentato in forme molto sintetiche, dove sarà comunque definito in maniera tale da non poter contraddire quanto espresso nel resto dell'elaborato, rimandando ai confronti tra gli specialisti di tale fenomeno l'elaborazione di una modalità condivisa per misurarlo e di linee guida che permettano ai non specialisti di tenerlo in considerazione.

L'Unione Europea, tramite la DG Ambiente della Commissione Europea, ha recentemente iniziato ad interessarsi del fenomeno finanziando uno studio dal quale si è preso ampio spunto per la stesura del primo capitolo, e al quale ha seguito un articolo divulgativo sulla rivista "L'ambiente per gli europei" curata dalla stessa DG Ambiente²⁹. Si tratta di primi passi dai quali è però prematuro cercare di stabilire le ricadute future, tra le quali potrebbe rientrare una più esplicita presa in considerazione dell'effetto rimbalzo all'interno di piani e programmi per l'efficienza. Per il momento dovremo quindi accontentarci di questo breve accenno contenuto nella Comunicazione della Commissione Europea COM 571 (2011):

Tuttavia è emerso che, in alcuni casi, i risparmi realizzati grazie al miglioramento dell'efficienza di una tecnologia possono in realtà indurre le persone a consumare di più. Nell'elaborazione delle politiche e nella fissazione degli obiettivi occorre anticipare e tenere conto di questo effetto, detto "effetto rimbalzo" (p. 6).

5.2 Analisi delle interviste e del focus group

Le persone coinvolte nelle interviste (prevalentemente individuali), e in un focus group, sono state 21. La metodologia di campionamento adottata è stata quella conosciuta come "campionamento a valanga": a parte la prima intervista, in cui la persona da intervistare sarebbe stata scelta da chi ha condotto l'intervista, quelle successive sarebbero state effettuate con una persona indicata dal primo intervistato, e così via. La richiesta, che veniva fatta all'intervistato a intervista ultimata, era quella di indicare una persona che, a suo parere, avrebbe gradito (e avrebbe saputo) discutere degli argomenti trattati. In generale si è scelto di adottare una metodologia poco rigorosa, scelta questa giustificata dal fatto di aver intrapreso una ricerca che si intendeva euristica ed esplorativa, nella quale le deviazioni rispetto al cammino preventivato possono essere analizzate con maggiore libertà.

Le interviste sarebbero state guidate da una traccia finalizzata a:

- "Inquadrare" l'intervistato tramite una ricostruzione sintetica del proprio rapporto (e sua evoluzione) con le tematiche ed azioni ecologiche e con le ICT;

²⁹ Numero supplementare "Utilizzo efficiente delle risorse. Usare meno, vivere meglio" uscito in occasione della Settimana Verde 2011.

- Individuare il grado e le forme di adesione dell'intervistato alla strategia dell'efficienza e individuare il suo repertorio di azioni ecologicamente orientate;
- “Immettere” l'effetto rimbalzo all'interno dell'interazione: testare le strategie utilizzate dagli intervistati per attribuire o negare plausibilità ai diversi meccanismi che potrebbero condurre all'effetto rimbalzo e al backfire;
- Interrogare l'intervistato sulla sua percezione, per ciò che riguarda il presente e il futuro, del legame tra le ICT e l'ambiente.

La prima persona intervistata è stata scelta perché ritenuta dall'intervistatore competente ed attiva sulle tematiche ambientali, nonché utilizzatrice esperta (e non forzata) di tecnologie informatiche, e tutto ciò in forme superiori a quelle della media della popolazione. La persona intervistata, pur con tutte le titubanze dovute alla modestia, confermava la nostra idea. La particolare strategia di campionamento adottata ci ha però pressoché subito riservato delle sorprese. Altre persone intervistate non si ritenevano difatti particolarmente attente all'ambiente, e ciò nonostante il fatto che esse manifestassero buona parte dei comportamenti con i quali si è soliti riconoscere la presenza di tale caratteristica in un individuo, come in questo caso:

Diciamo che nella nostra vita a parte la raccolta differenziata, le luci a risparmio energetico, a parte quelle cose che sono abbastanza comuni [tutti gli elettrodomestici ad alta efficienza, coltivazioni sul balcone], non abbiamo una particolare attenzione quotidiana al rispetto dell'ambiente.

Possiamo ipotizzare che ciò dipenda dal fatto che in un numero sempre maggiore di pratiche diventi possibile comportarsi ecologicamente e che quindi nel corso degli ultimi anni alcune pratiche prima “ecologiche” stiano ora diventando sempre più “comuni”. Negli intervistati la presenza di una volontà di agire ecologicamente viene quindi riconosciuta a quei casi nei quali è necessario dedicare maggiori energie ed attenzione, magari anche rinunciando a qualcosa...

[Gli elettrodomestici sono...] ...tutti in classe A chiaramente. No, ma dove puoi sì. Dove è semplicemente una questione di spendere dei soldi... a livello economico fortunatamente non abbiamo grossi problemi in questo momento, quindi dove è sufficiente spendere spendiamo. Dove ci va dell'energia quotidiana, un'attenzione quotidiana, del tempo, allora probabilmente vince altro.

...oppure perchè si tratta di comportamenti “normali”, appresi eventualmente da genitori, famigliari o amici, e che non vengono attuati con il fine di rispettare l'ambiente o ridurre i propri impatti, come nel caso qui sotto:

Ci sono alcuni comportamenti che tengo e che diventano virtuosi se confrontati con l'ambiente che mi circonda. Della serie “stampare al lavoro”. Vedo gente che non ha alcuna coscienza dell'inutilità dello stampare fogli su fogli, piuttosto che fronte-retro se proprio ti serve. Quindi non lo trovo un comportamento particolarmente virtuoso, però lo diventa se vedi il resto... [...] lo mi ricordo la prima volta che mi sono trovata a vivere fuori casa... a spegnere le luci delle stanze che le altre persone lasciavano accese per ore, piuttosto che a chiudere il rubinetto mentre si lavavano i denti... Per me erano comportamenti normalissimi.

Oppure prendiamo questo brano tratto da un'intervista giunta già ad uno stadio avanzato di sviluppo (l'uso del grassetto indica le parole dell'intervistatore):

Tutte queste tematiche [relative alle pratiche che stai attuando]: la bicicletta, gli orti urbani, la cucina, il fai-da-te,

l'autonomia... rimandano tutti a metodi di risoluzione dei problemi ambientali. [pausa] No?

Tu dici?

Sì. Nel senso, son tutti legati... c'è sempre un discorso...

Sì, sì, son molto legati anche all'ambiente... Non l'avevo mai visto sotto questo aspetto.

Non l'avevi mai visto.

Non sotto questo aspetto, perché non sono così sensibile verso l'ambiente. Però sì.

Indipendentemente dal fatto che le persone intervistate si ritenessero sensibili verso l'ambiente, la strada dell'efficienza viene ritenuta utile al fine di ridurre gli impatti ambientali?

Sì, sì! Questo sì.

[...] efficienza energetica siamo ampiamente a favore.

Certo. Assolutamente positiva.

Quale può essere la natura di siffatta adesione all'efficienza? A nostro parere, in base a quanto già accennato più sopra (par. 4) si tratta più che altro dell'adesione all'efficienza come valore. Non essere d'accordo sull'efficienza significa in qualche modo essere a favore dello spreco, essere contrari all'uso dell'intelligenza e del buon senso. Dichiararsi a favore dell'efficienza potrebbe quindi indicare anche solamente una buona predisposizione verso l'interlocutore e la volontà di proseguire l'interazione senza intoppi. Aderire all'efficienza come valore non impedisce che poi, nella pratica, l'acquisto di prodotti più efficienti possa essere guidato da motivazioni di carattere non ambientale:

[Per gli elettrodomestici ho scelto] la più alta classe possibile, perché mi sono fatto questo ragionamento: è vero che spendo di più all'inizio ma probabilmente se l'elettrodomestico funziona e ha una buona durata sulla lunga risparmio perché consumo meno elettricità, consumo meno detersivo, eccetera.

Però la prima idea per cui ho comprato quelle cose in classe A era la bolletta. Il primo pensiero che hai è: "Speriamo che la prima bolletta...sia bassa". E non: "Speriamo che tutti quanti comprino come me un classe A e che quindi spenderemo poco a livello nazionale in energia elettrica". Il primo pensiero che hai è individuale, assolutamente individuale.

Sono tutti parenti che vogliono regalarti senza stare a guardare i 50 euro in più o in meno... Compri la classe A, insomma. A parte che ormai nei magazzini... Devo dire che anche se cercavo una lavastoviglie di classe B avrei fatto fatica a trovarla. Non so cosa c'era...Magari qualche marca indocinese che comunque non avresti comprato perché ti avrebbe suggerito scarsa affidabilità, no?

Quest'ultimo brano pone in luce due aspetti interessanti. Il primo è che, a parte le lampadine a basso consumo e qualche altro apparecchio poco costoso, l'acquisto di elettrodomestici non è una cosa che capiti così frequentemente. Le persone intervistate, a parte quelle che vivono con i genitori o in case in affitto già ammobiliate, erano tutte alla loro prima generazione di elettrodomestici. In caso di matrimonio può poi avvenire che la scelta venga effettuata dai parenti che vogliono fare bella figura, ovviamente nei limiti delle loro possibilità. Il secondo è che un bene in classe energetica superiore consuma poca energia non tanto perché fosse necessariamente quello il fine del costruttore, quanto perché nel progettarlo e costruirlo si sono utilizzate le migliori tecniche disponibili. Si suppone perciò che i beni di elevata classe energetica siano anche semplicemente più affidabili, meno soggetti a guasti e malfunzionamenti. Il tentativo di mostrare un'equivalenza tra bene tecnologico e bene ecologico è un fenomeno molto importante perché in grado di modificare sensibilmente il repertorio di azioni ecologiche. Vediamo qui sotto due reazioni che

evidenziano, a nostro parere, la presenza di un momento critico: se i beni tecnologici diventano sempre più efficienti si arriverà a un punto in cui svolgere una pratica con il loro ausilio diventerà meno impattante dello svolgere la stessa pratica senza il loro ausilio? Quel punto è già stato raggiunto?

Io però sulla lavatrice c'è un discorso dell'energia che okay, è energia elettrica piuttosto che umana. Però sull'acqua non sono così sicura che sia un risparmio, a meno che non vai a lavare al fiume dove l'acqua scorre. Quindi ci sono alcune cose che potrebbero essere limitate, cambiando drasticamente le abitudini di consumo, ce ne sono altre che probabilmente una volta, prima dell'avvento di alcuni elettrodomestici, erano più deleterie. Poi, che uno utilizzi lo spremiagrumi a mano piuttosto che quello elettrico... quello sì. Che uno utilizzi un'ora di forno piuttosto che 10 minuti il microonde...mah. Oppure 20 minuti di gas per far bollire una verdura, piuttosto che metterle nel microonde 7 minuti... Non so valutare quanto la cosa meno tecnologica abbia meno impatto.

[La mia ragazza] non mi ha ancora convinto a comprare la lavapiatti perché sostengo che nonostante consumi meno acqua del lavaggio a mano non sono ancora molto convinto di questa cosa, perché magari consuma meno acqua però poi bisogna comunque fabbricarla e poi smaltirla. E poi quella lì consuma anche elettricità e quindi non ho ancora capito cosa conviene dei due, però per non sbagliarmi non la compro ancora. Non so se tu hai una risposta.

Il prossimo punto riguarda la conoscenza pregressa dell'effetto rimbalzo e/o del Paradosso di Jevons. Seppur il numero di persone intervistate sia stato limitato, ci è possibile confermare che fra i nostri casi, pochi ne erano a conoscenza. Chiariamo che nella maggior parte dei casi l'intervistatore non nominava i termini "effetto rimbalzo" o "paradosso di Jevons" se non a intervista quasi ultimata. Non si trattava quindi di chiedere se ne fossero a conoscenza quanto di rilevare se veniva ad essere riconosciuto grazie agli esempi fatti per spiegare il fenomeno. Ciò è avvenuto in un solo caso. Interessante è inoltre rilevare che probabilmente "paradosso di Jevons" e "effetto rimbalzo" non hanno la stessa popolarità:

Secondo alcuni, secondo studi e ricerche, l'efficienza energetica di per sé non è sufficiente... non solo non è sufficiente a risolvere i problemi dei consumi di energia e della riduzione delle emissioni di CO₂, ma in alcuni casi può addirittura avere l'effetto opposto.

Paradosso di Jevons!

Il paradosso di Jevons. Lo conosci?

Sì.

E cosa ne pensi?

Che è vero.

[...]

... però ci sono degli effetti rimbalzo//

Cosa intendi con "effetto rimbalzo"?

Per quanto riguarda la realizzazione del focus group, l'intervistatore sapeva già da prima che alcuni partecipanti (ma non tutti) avevano perlomeno sentito parlare di effetto rimbalzo, anche se ciò non aveva loro impedito di confondere qualche particolare:

[...] Se l'effetto rimbalzo è maggiore del 100% viene chiamato "backfire".

Ah, noi pensavamo che quello fosse l'effetto rimbalzo. [...] Allora l'effetto rimbalzo non è sempre un problema!

Uno dei fini che ci eravamo proposti era quello di verificare le reazioni all'immissione dell'effetto rimbalzo all'interno di interazioni discorsive. In quali modi era possibile farlo? Potevamo scegliere di inserirlo pre-

potentemente senza cautele: “Alcuni studiosi ritengono che l’efficienza faccia aumentare i consumi. Cosa ne pensi?”, oppure “Sei sicuro/a che le tue azioni ecologiche siano utili? Hai mai pensato che l’ambiente ti sarebbe più grato se tu non facessi niente per lui?”. Oppure, come è stato fatto in una ricerca citata da Tainter in Polimeni et al. (2009), potevamo concentrarci su di un particolare meccanismo: “Se tu dovessi mangiare meno carne cosa faresti con il denaro risparmiato?”.

Abbiamo visto che l’effetto rimbalzo risulta come conseguenza di un complesso insieme di meccanismi agenti su diverse scale. Immettere l’effetto rimbalzo all’interno di interazioni discorsive doveva perciò a nostro parere avvenire tramite la successione di una serie di stimoli piuttosto che in un’unica soluzione. Si è scelto perciò di usare una particolare strategia consistente nell’utilizzare la tipica categorizzazione dell’effetto rimbalzo, che lo suddivide in effetti rimbalzo diretti, indiretti ed economy-wide, per cercare di ricostruire le strategie utilizzabili dagli intervistati al fine di attribuire o negare plausibilità ai diversi meccanismi che, individuati dagli studiosi del campo, dovrebbero condurre all’effetto rimbalzo.

La prima considerazione da fare è che gli stimoli di cui abbiamo parlato sono necessariamente basati, di volta in volta, su di un particolare bene. Gli esempi fatti per stimolare l’interazione sarebbero perciò variati a seconda del bene chiamato in causa. Gli individui hanno poi cercato di stabilire se i meccanismi dell’effetto rimbalzo potessero essere plausibili con riferimento alla propria vita ed esperienza quotidiana e/o alla vita e al comportamento di altri individui. In generale pare che il meccanismo dell’effetto rimbalzo psicologico possa essere ritenuto ad esempio più plausibile per l’illuminazione: tenere (o dimenticare) accesa la luce è dopotutto una cosa che in termini monetari ci si può permettere. Oltre a ciò capita, anche a chi vi fa molta attenzione. Per altri beni ciò non viene ritenuto altrettanto plausibile: si ritiene che nessuno (o comunque la maggior parte dei consumatori) utilizzi consapevolmente di più la lavatrice o la lavastoviglie come conseguenza della maggiore efficienza. In parte perché per molti beni si è raggiunto un punto di saturazione, ma in parte anche perché non sono molti (sempre che ci siano) i consumatori desiderosi di consumare di più (il che non significa che non ci siano tendenze consumistiche).

No! Tendenzialmente uno mantiene lo stesso comportamento con degli strumenti che consumano meno. Mi sembra che le persone guidino sempre uguale, ma con le macchine che consumano meno, capisci? [...] Le persone sanno che la macchina consuma meno di quella vecchia, ma a parità di stile di guida.

Credo che sia una cavolata perché nel momento in cui metti una lampada in più o tieni le luci accese non pensi al fatto del consumo. La maggior parte non lo fa. Infatti io penso che un grosso problema del consumo dell’acqua e dell’elettricità stia proprio nel fatto che quando le utilizzi non pensi alla spesa e... Se ogni cosa che usi avessi un piccolo contatore sopra che quando la attacchi... sarebbe una cosa che ti potrebbe far pensare a utilizzarla meno. Quindi per me quel discorso non vale per questo motivo.

In un altro caso il meccanismo dell’effetto rimbalzo psicologico è stato visto come un segnale che potrebbe essere interpretabile anche in modo positivo, in quanto indicante perlomeno la presenza di un qualche livello di sensibilità ambientale:

Secondo me il problema è che la maggior parte delle persone a livello mondiale non hanno questa media coscienza ambientale. A mio avviso se tutte queste persone arrivassero a utilizzare mezzi più efficienti comunque il bilancio sarebbe positivo. Da quel punto in poi potresti fare la considerazione che maggiore efficienza energetica porta, in una società consumistica, ad avere la coscienza più pulita – che è già la sensibilità di una persona che ha sensibilità o informazione nei confronti delle tematiche ambientali.

Nel caso seguente la persona intervistata, interrogata sul fatto che abbia sfruttato o meno la maggiore efficienza fornisce, a distanza di qualche domanda, due risposte contraddittorie:

Secondo te... ti è capitato di incappare in comportamenti di questo tipo?

Mh... In questo momento non mi viene in mente nulla. No. Non mi sembra. Vediamo... Corrente elettrica... Per dirti, stacco il micro-onde perché in stand-by consuma. Capisci?

[...]

Se io mi mettessi nei panni che so che il modem in questo momento consuma di meno lo lascerei acceso sempre tutto il tempo. [...] Diciamo che sono uno sprecone sul computer, perché il computer è praticamente sempre acceso e... mi è... diciamo che mi è indispensabile tenerlo praticamente acceso, però cerco di compensare sul resto.

La risposta quindi cambia nel momento in cui l'intervista tocca i temi relativi all'utilizzo delle tecnologie informatiche, al punto che anche chi, con esempi precedenti, si era mostrato scettico ammette che forse su quei beni, vuoi perché la domanda è lontana dal punto di saturazione, vuoi perché non è possibile negare la loro recente imponente diffusione, i meccanismi presentati possano funzionare:

Lì sì, è possibile. Tu scarichi di più, quindi compri più hard-disk che vengono prodotti più capienti, router più veloci...

Per quanto riguarda gli effetti rimbalzo indiretti la sostanza delle reazioni non varia molto. Questi agiscono d'altronde sulla stessa sfera micro nei quali si individuano gli effetti rimbalzo diretti. Gli stessi ragionamenti utilizzati per negare plausibilità all'effetto rimbalzo diretto sono validi quindi anche in questi casi: si è raggiunto un elevato grado di soddisfacimento dei bisogni, i risparmi che si possono conseguire non sono così elevati da giustificare una riflessione sull'uso che se ne potrà fare, la propensione al risparmio degli italiani è elevata. Si può anzi dire che i meccanismi vengano ritenuti ancora meno plausibili: se già i consumatori non compiono quei ragionamenti che permetterebbero di sfruttare maggiormente un bene divenuto più efficiente, ancora meno li si ritiene capaci di pianificare l'utilizzo del denaro risparmiato, grazie a un bene più efficiente, su altri capitoli di spesa:

O uno è proprio uno che ha i soldi contati, e allora il fatto che risparmia quei 5€ sulla bolletta della luce allora li utilizza da un'altra parte, però li utilizza probabilmente per mangiare, o se no uno che risparmia 10€ non è che è perché li ha risparmiati lì che li utilizza [su altri beni]. [...] Non credo che quel risparmio fa sì che lui faccia altri consumi che peggiorano l'ambiente. Questo ragionamento [sui meccanismi dell'effetto rimbalzo diretto] mi sembra una forzatura.

Se arrivi ad avere una differenza tale da fare qualcosa in più, se te ne accorgi è perché ti mancavano i soldi. E quindi difficilmente lo usi per qualcosa di frivolo e che consumi in maniera che altrimenti non avresti consumato. Poi siamo talmente risparmiatori in Italia che è difficile.

Più interessante diventa verificare le reazioni agli effetti rimbalzo a livello macro. Fra gli esempi che sono stati proposti agli intervistati vi sono stati quelli relativi alle automobili, al frigorifero e all'illuminazione. Nel caso delle automobili si è ragionato sul legame tra aumento dell'efficienza e aumento delle distanze percorse, sia per motivi di lavoro che di svago; nel caso dell'illuminazione si è ragionato sulla diffusione dell'illuminazione pubblica (in quanto quella domestica è ritenuta saturata) e sull'inquinamento luminoso; nel caso del frigorifero si è ragionato sul fatto che l'aumento delle dimensioni del freezer possa portare a mutamenti profondi delle modalità con le quali la gente fa la spesa, dei luoghi in cui è possibile farla, dei mutamenti che a loro volta questi elementi portano al sistema di produzione alimentare. A parte il fatto che questi esempi abbiano stuzzicato l'immaginazione degli interlocutori è comunque da rilevare il fatto che si trattava di ragionamenti per certi versi nuovi, ovvero per i quali non si registrava la presenza di una precedente e approfondita riflessione da parte degli intervistati. L'utilizzo di questi esempi permetteva comunque di giungere al punto in cui diventava necessario ammettere la presenza di un qualche fenomeno disturbante. Questo veniva individuato nel miglioramento dell'efficienza? Nessuno degli intervistati

si è mai spinto a tal punto. Il tentativo di spiegare il ribaltamento dei vantaggi dell'efficienza è avvenuto tramite un processo di attribuzione di colpe nel quale sono stati coinvolti diversi attori o, perlomeno, dei meccanismi:

Eh, perché la gente si impigrisce, perché i consumi vengono spinti all'estremo per cui quindi si continua a usare la macchina in più anche se non ti rendi conto che non ti serve un tubo e... perché la globalizzazione impone che si viaggi di più, sia a livello internazionale che intrastatale... Per quello penso.

Da un lato si cerca anche di capire come mai le cose diventano sempre più efficienti e i consumi tendono a aumentare. Alcuni sostengono che sia proprio una conseguenza.

Bisognerebbe fare un confronto con... sul delta dei consumi. Perché i consumi aumentavano già.

Aspetta, si può dire che i consumi aumentavano già perché l'efficienza aumentava già.

Eh va beh, però... Partiamo dal fatto che probabilmente a efficienza costante, data la nostra società, i consumi vanno comunque aumentando.

Perché?

Perché è l'economia che spinge a far aumentare i consumi della gente, a far aumentare il PIL, a farti spendere i soldi che non hai, a farti del credito... quello è indubbio. Quindi se i consumi mondiali – numeri sparati a caso – ogni anno aumentano del 10% è perché viene aumentato il credito per far sì che i consumi aumentino e perché i costi di produzione si riducono... Ah ecco, potrebbe essere girato al contrario! Nel senso che aumentando l'efficienza si produce di più, producendo di più si vuole spingere a fare consumare di più e quindi fai il giro al contrario.

[...]

Da una parte è colpa del consumatore che vuole essere consumatore e consuma di più. Se fosse cosciente basterebbe che si rendesse conto che non ha bisogno di quei consumi e si ferma lì. Ma è una vittima nel momento in cui non è capace di intendere e di volere. Per cui viene raggirato per farlo consumare di più.

Sull'alimentazione in particolare siamo vittime di un sistema di alimentazione assolutamente viziato e malato.

Tu hai comprato comunque un frigorifero di classe elevata, però...

...è più grande di quello che avresti trovato 10 anni fa. Ti hanno fregato!

Secondo me [a spiegare l'aumento dei consumi] c'è un 20% di effettiva utilità, di progresso a livello tecnologico che è effettivamente utile e un 80% che molto spesso è dato quasi unicamente dalla necessità delle aziende di avere un ritorno economico dell'investimento che hanno fatto.

5.2.1 Quali strategie per ridurre il fenomeno?

Nella maggior parte dei casi le persone coinvolte nelle interviste non avevano mai riflettuto in maniera sistematica o approfondita sugli effetti perversi di quelle forme di agire ecologicamente orientato basate sull'efficienza. Ciononostante ci è possibile rilevare che le soluzioni individuate per ovviare all'effetto rimbalzo, così come era stato presentato durante le interviste, si orientavano in ogni caso verso la sufficienza.

Cerco di lavorare il meno possibile nel senso di alimentare meno la catena di generazione di surplus che secondo me alla fine è quella che alla fine ci permette di devastare questo pianeta. Cos'altro? Cerco di godermi la vita il più possibile, che mi sembra una delle scelte migliori per poter vivere in armonia con il mondo. È difficile però cerco di fare questo.

L'efficienza di per sé non è l'unica soluzione. Se all'interno del cuore di ogni persona non c'è questa idea di iniziare un cambiamento [verso la sufficienza] l'efficienza da sola non è sufficiente.

Come è possibile spiegare questo fenomeno? Una possibilità è che la scelta della sufficienza emerga come conseguenza dell'attivazione di meccanismi di distinzione. Abbiamo visto che l'intervento di governo e imprese per arruolare i consumatori nella strategia dell'efficienza fa sì che attori non dotati di motivazi-

oni ecologiche al loro agire compiano azioni etichettate come ecologiche, ovvero agiscano “ecologicamente”. A quel punto l’individuo ecologicamente orientato, inteso in questo caso come colui che oltre a voler risolvere problemi ambientali intenda anche trarre vantaggio da un qualche beneficio di status derivante dalle azioni compiute, si ritrova nella necessità di distinguersi dalla massa (dagli “ecologici”) attraverso ciò che viene chiamato sotto-consumo ostentato. Questa interpretazione non è comunque sufficiente a spiegare per quale motivo, fra tutte le possibili tipologie di agire ecologicamente orientato, siano quelle della sufficienza ad essere indicate in maniera prevalente come alternative a quelle basate sull’efficienza. Il fatto che la strategia alternativa individuata continui ad essere basata su forme di agire individuale e diretto può dipendere da molti fattori: una sfiducia nelle capacità delle istituzioni della democrazia reale di adottare politiche ambientali incisive e innovative; una sfiducia nelle possibilità di giungere ad accordi internazionali efficaci; il fatto che si sia fatta strada l’idea secondo la quale è possibile agire politicamente – riprendendo Žižek (2009, p. 420) - baricentrando il campo di battaglia sulle pratiche quotidiane. A nostro parere il restringimento del repertorio di azioni si è ritrovato ad essere bene espresso in questo passaggio:

Quindi se noi consumiamo di meno una cosa il prezzo scende e qualcun altro la userà di più?

Beh, sì. Può essere.

[silenzio]

La scoperta di quello che viene definito sufficiency rebound, l’effetto rimbalzo che deriva da misure basate sulla sufficienza, ha di fatto lasciato i partecipanti (il brano è tratto da un focus group) privi di parole.

5.2.2 Il legame tra ICT e ambiente

Dalle interviste effettuate abbiamo ricevuto conferma a ciò che già sapevamo, ovvero che le ICT sono beni significativamente diversi rispetto a tutti gli altri. Come abbiamo visto nel secondo capitolo quando si parla di ICT ci si riferisce in realtà ad un variegato insieme di dispositivi, infrastrutture, tecnologie, usi e funzioni. Si tratta inoltre di un insieme ancora caratterizzato da effervescenti mutamenti. Le conseguenze ambientali delle ICT non sono certo analizzate e discusse con la stessa frequenza con la quale vengono analizzate e discusse le conseguenze ambientali di pratiche basate su altri tipi di tecnologia. Ciò potrebbe essere spiegato dal fatto che i loro impatti complessivi non siano ancora ritenuti preoccupanti o dal fatto che le si ritiene a priori poco impattanti. Come riporta il brano qui sotto lo sviluppo del cloud computing allontana ancora di più la possibilità di percezione, da parte dell’utente, del peso ambientale dei dispositivi informatici di consumo:

Diciamo che la svolta principale sarà quando il costo di immagazzinamento di dati in hard disk sarà più alto del costo di trasferimento. Cioè, quando io riuscirò a scaricare un giga con un costo minore di quello di archivarlo non ci sarà più la necessità di archiviare le cose e quindi tutte le informazioni saranno assolutamente volatili.

Inoltre molti altri, e di altro genere, sono i mutamenti portati dalle ICT, fra i quali quelli a livello sociale senz’altro attirano un più diffuso interesse (il ruolo delle ICT nei sistemi educativi, le preoccupazioni per le conseguenze che derivano dalla vita sempre più virtuale dei giovani, il ruolo dei social network nel favorire movimenti politici, rivolte e crescita economica, e tantissimi altri ancora). I discorsi sulle conseguenze ambientali delle ICT si trovano perciò a competere con i discorsi su altre tipologie di conseguenze. Ora, quali sono i modi attraverso i quali è possibile agire ecologicamente tramite ICT? Per fare alcuni esempi: è possibile utilizzare apparecchiature dotate di un marchio energetico (come l’Energy Star); è possibile impostare modalità di risparmio energetico (luminosità dello schermo, velocità della CPU, attivazione

dello stand-by); è possibile fare in modo che alcune pratiche vengano rese più efficienti tramite la mediazione delle ICT (le più conosciute e citate sono quelle relative al telelavoro, alle teleconferenze, all'e-business, ecc.); è possibile utilizzare le ICT per ottenere e/o elaborare informazioni sullo stato dell'ambiente; è possibile sfruttare le potenzialità comunicative per organizzare azioni ecologicamente orientate (raccolta di istruzioni per lo svolgimento di talune pratiche, creazione di gruppi, ecc.); è possibile ritardare, tramite una riconfigurazione dei sistemi operativi, le conseguenze della cosiddetta Software Induced Hardware Obsolescence (SIHO, Obsolescenza dei software indotta dall'hardware); è possibile conferire correttamente i rifiuti elettronici o donarli a scuole o enti filantropici che si faranno carico di dargli una "seconda vita".

Nessuno degli intervistati, nel momento in cui veniva loro richiesto di indicare i modi in cui agivano ecologicamente, ha mai citato, al di fuori di specifiche sollecitazioni, queste né altre possibilità. Al di fuori di alcune considerazioni relative alla crescente quantità di rifiuti elettronici o al consumo di energia dei data center – temi sui quali le ONG ambientaliste sono più attive per ciò che riguarda la denuncia degli impatti ambientali delle ICT - possiamo dire che nessun'altra conseguenza ambientale negativa è stata individuata. Per contro occorre dire che nella maggior parte dei casi gli intervistati sono apparsi poco consapevoli anche delle conseguenze ambientali positive che possono derivare dall'uso di ICT. Queste sono, come nel caso qui sotto, riferibili più che altro, a quei legami tra ICT e ambiente che abbiamo definito "di seconda generazione":

Dieci persone che prima dovevano viaggiare per incontrarsi, adesso lo fai con la conference su Skype che ti costa un metro cubo di CO₂ però risparmi quella del viaggio. Quindi porterà a maggiori consumi però anche a una riduzione da un'altra parte e il bilanciamento è probabilmente positivo. Così a occhio è più facile che sia positivo.

In un caso è stato fatto un esempio di possibile esito positivo, in termini di riduzione dei consumi di risorse, basato su un legame di "terza generazione", quello che dovrebbe poi più compiutamente avverarsi con il consolidamento dell'Internet degli oggetti (Internet of things):

Secondo me le ICT hanno un potenziale enorme... Il fatto di far governare a un cervello elettronico il consumo... sicuramente un computer non si fa abbindolare dal consumismo, perché un computer ragiona per come lo programmi tu, quindi non può fare delle cose che vadano contro ai principi che tu gli hai instillato dentro. Quindi se tu ti affidi nei tuoi consumi a un processore elettronico, quello non consuma più del necessario. Quindi l'idea di utilizzare la tecnologia, cioè un qualcosa di programmato, sicuramente è un grosso potenziale.

Secondo questa visione i benefici dell'innovazione tecnologica (che porta con sé miglioramenti dell'efficienza) vengono ridotti da debolezze dei consumatori, a loro volta incoraggiate e sfruttate dai produttori. A "semplici" miglioramenti di progettazione delle apparecchiature elettroniche (o comunque elettriche), che non prevedevano la necessità di un intervento attivo da parte del consumatore finale, si sono, in tempi più recenti, aggiunte le manopole regolabili, i diversi programmi di funzionamento ecc., che hanno permesso all'utente di "giocare" la propria riduzione dell'impatto ambientale pesando questo obiettivo con il soddisfacimento dei propri bisogni. Giungono ora i processi finalizzati ad aumentare l'efficienza introducendo sistemi di controllo informatici, ovvero aumentando l'intelligenza (artificiale) del processo.

Di fronte all'evidenza del fatto che, tra gli intervistati, le conseguenze ambientali delle ICT, di breve come di lungo termine, così come gli effetti rimbalzo che ne possono conseguire, non fossero state oggetto di riflessioni, si è deciso di "forzare la mano" al fine di trovare risposta ad una delle domande che ci si era posti, ovvero quella relativa all'accettabilità di forme di controllo/freno dello sviluppo/espansione delle ICT.

Per dirla in altri termini l'obiettivo delle domande - che venivano poste nella fase conclusiva dell'intervista, quindi dopo aver già introdotto e discusso dell'effetto rimbalzo - era proprio quello di verificare la possibilità che lo sviluppo tecnologico in generale (e quindi il miglioramento dell'efficienza in particolare) potesse essere considerato la causa di problemi ambientali risultanti da effetti perversi o effetti rimbalzo. Se escludiamo un accenno di apertura dovuto a preoccupazioni relative al crescente o sconosciuto livello di inquinamento elettromagnetico, in generale le reazioni sono state negative. Ciò è derivato in parte dal ritenere che il mezzo non porti inscritto in sé alcun messaggio o alcuna inevitabile conseguenza...

le tecnologie non hanno vita propria né coscienza propria, sono degli strumenti probabilmente stupidi che noi utilizziamo. Quindi sì, possono farlo [diminuire gli impatti] come possono anche aumentarli. Sta alla coscienza di chi li progetta, li distribuisce e li vende e li usa, utilizzarli in maniera migliore per potere ridurre l'impatto ambientale.

Guarda, io sono un grande sostenitore della tecnologia usata con il buon senso. È come la pistola. La pistola non è di per sé una cosa cattiva. Se ce l'ha un pazzo criminale è una cosa, ma se ce l'ha un Carabiniere è un'altra cosa.

...e in parte dal fatto che le ICT, intese soprattutto come mezzo di comunicazione, vengano ritenute in grado di portare significativi benefici alla società (e indirettamente anche all'ambiente) al punto che gli impatti ambientali negativi si ritrovano ad essere più che compensati:

Secondo me la rivoluzione culturale rispetto alle tematiche green si basa attraverso l'informazione. Secondo me la coscienza del fatto che se consumiamo di meno stiamo meglio viene se esiste un background culturale che ti permetta di pensare a quello. Io non sono dell'idea che debba essere forzata questa roba qua, anzi deve essere naturale, però uno strumento che permette di fare questo, e che permette alle persone di emanciparsi rispetto a pensare che il Grande Fratello è la cosa principale della propria vita, sono le nuove tecnologie informatiche basate su internet, sulla interattività eccetera. Per me questo è fondamentale. Quello è il punto principale. Si deve fare ovviamente attenzione ai consumi. È un po' un cane che si morde la coda, perché se uno strumento per fare capire alla gente che diminuendo i costi si sta meglio e allo stesso tempo è un costo di per sé, e quindi è un circolo vizioso. Però secondo me va sicuramente incentivato l'utilizzo di questi mezzi di comunicazione, facendo il possibile perché questi abbiano un impatto il più basso possibile.

Allora, secondo me è necessario puntare sull'informatica anche se ha... Perché è il male minore.

Le interviste si concludevano quindi con una domanda finalizzata a verificare le reazioni alla possibilità - alla luce di ciò di cui si era discusso fino ad allora, relativamente quindi all'effetto rimbalzo, al backfire e alle conseguenze sistemiche negative derivanti da migliorie tecnologiche - di governare, frenandola, l'evoluzione di alcune caratteristiche delle ICT di consumo, ad esempio la velocità di connessione. A quel punto l'interazione subiva un mutamento sensibile rispetto al resto dell'intervista.

No, no! Questo assolutamente no! La velocità del supporto in sé è assolutamente positiva. Ci fa risparmiare tempo. È giusto che siano sempre più veloci, così abbiamo veramente più tempo per dedicarci all'aspetto più inventivo delle cose. Stai a noi decidere quando è troppo.

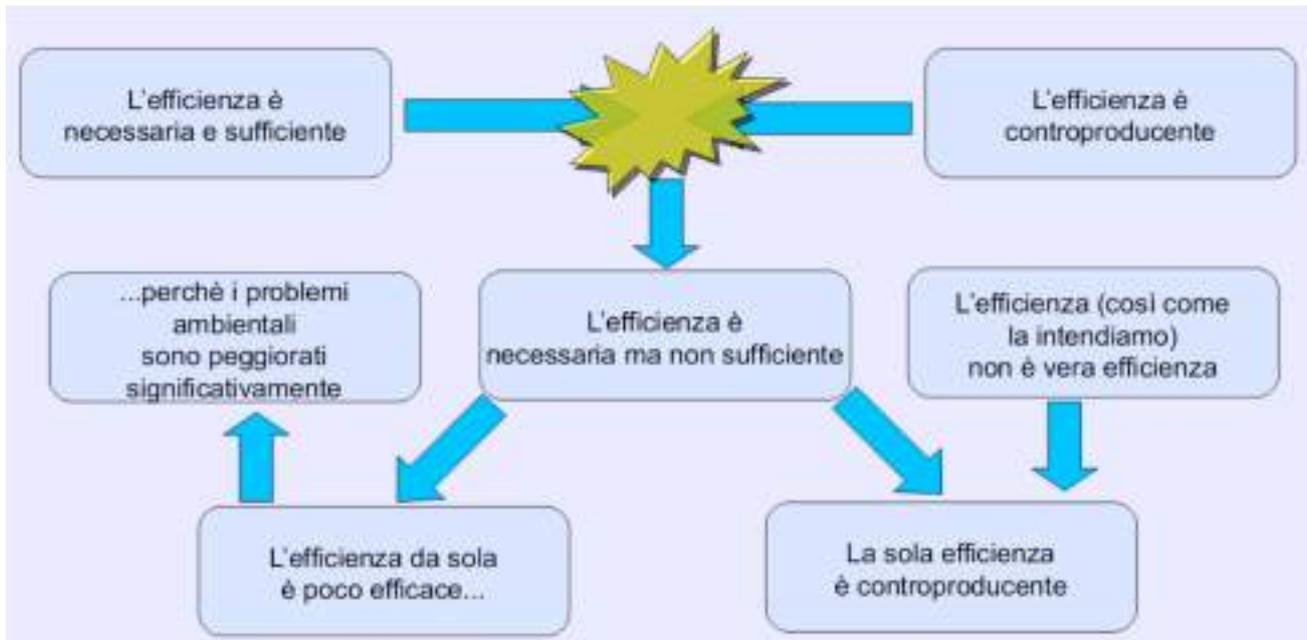
La ricerca deve proseguire, perché nel momento in cui ne hai bisogno devi avere la possibilità di sfruttarla.

Il risparmio del tempo è quello che ha creato la cultura, no? Il fatto che il tempo una volta lo dedicavi a procurarti il cibo e adesso non ne hai più bisogno ha creato un sacco di cose positive. Poi son d'accordo che il tempo che hai risparmiato lo usi per consumare e lo usi per delle cose non utili. Però se il tempo lo usi in maniera utile... Se ci fosse una società che ti guida a utilizzare il tempo che risparmi in una maniera furba, utile... utile per te, utile per gli altri, allora sì, sarebbe effettivamente un progresso. Invece per come lo utilizziamo noi la massaia non deve più lavare i piatti, si piazza davanti alla televisione... È lo spreco del tempo che non è bello, ma il fatto di averne è una cosa positiva.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente e come abbiamo cercato di mostrare anche in questo stesso capitolo, i dati derivanti da misurazioni non restituiscono una visione chiara e condivisa relativa alle conseguenze che derivano da miglioramenti nell'efficienza. Ciò che è possibile fare è allora rilevare l'esistenza di alcune tipologie idealtipiche di discorsi attraverso i quali è possibile fornire interpretazioni sull'efficacia delle misure basate sull'efficienza:

- L'efficienza è condizione necessaria e sufficiente. È la traduzione delle prime versioni delle teorie della dematerializzazione, sulle quali si sarebbe poi basata l'attività di problematizzazione (nonché le fasi successive) del programma d'azione della strategia dell'efficienza. Se, ad esempio, si vuole ridurre il consumo di risorse (e relativi impatti) del 30% è sufficiente che i prodotti diventino più efficienti del 30%. Le conseguenze a livello sistemico sono escluse da questo tipo di discorso;
- L'efficienza è controproducente. È la traduzione di quelle che possiamo definire teorie del backfire. I miglioramenti nell'efficienza portano a risposte sistemiche che a loro volta portano a risultati opposti a quelli desiderati. Sebbene i "teorici del backfire" ritengano questa come una possibilità derivante dalla presenza di determinate condizioni agevolanti, e non come un risultato inevitabile, questa è la formula che viene utilizzata da chi intende sminuire o denigrare tali teorie, o che vengono utilizzate dagli stessi teorici per fini di ordine prevalentemente provocatorio e di stimolo al dibattito;
- L'efficienza è necessaria, ma non sufficiente. È la formulazione sintetica e interlocutoria che permette di diluire la dura contrapposizione tra le due precedenti formulazioni. Di per sé lascia ancora aperte diverse possibilità più specifiche di interpretazione che proponiamo qui sotto;
- L'efficienza, da sola, non è abbastanza efficace. Tramite questa formulazione non si mettono tanto in dubbio le ricadute positive dell'efficienza quanto l'entità di tali ricadute. È possibile individuare ragioni che portano a tale limitata efficacia. Possono dipendere dal fatto che nel frattempo i problemi ambientali siano significativamente aumentati, così come dal fatto che nel frattempo altre forze, o altri attori, abbiano agito in direzioni opposte (spinte al consumismo, fascino del PIL, illimitatezza dei bisogni, ecc.) o, più semplicemente, dal fatto che altri attori non abbiano compiuto le azioni che ci si attendeva da loro nell'ottica di pervenire ad una compiuta realizzazione della strategia dell'efficienza. Altre azioni efficaci potranno (e dovranno) sommarsi alle soluzioni basate sull'efficienza al fine di giungere ai risultati desiderati;
- L'efficienza, da sola, è controproducente. È forse questa la più appropriata traduzione delle "teorie del backfire". Miglioramenti nell'efficienza creano la possibilità di effetti rimbalzo; questi potranno essere evitati solo tramite il ricorso ad azioni finalizzate a neutralizzare o frenare i meccanismi che vengono ad essere "sbloccati" da miglioramenti nell'efficienza;
- L'efficienza, così come la intendiamo, non è vera efficienza. Si tratta di una formulazione che ha origini esterne al confronto tra le due principali e contrapposte formulazioni. Deriva più che altro da ragionamenti basati sulla presa in considerazione della enorme perdita di efficienza che ha caratterizzato il passaggio ai sistemi produttivi moderni. L'efficienza che stiamo cercando di recuperare ora è poca cosa rispetto a quella perduta nel momento in cui si è iniziato a fare ampio ricorso a fonti di energia non rinnovabile. Miglioramenti nell'efficienza potranno essere ottenuti solo tramite il ricorso a metodi produttivi più "naturali", che potranno a loro volta derivare da più profonde riflessioni sul rapporto tra l'ambiente e le attività antropiche.

Figura 2. I discorsi sull'eco-efficacia dell'efficienza



Ciò che abbiamo registrato - pur ribadendo la necessità di tenere in considerazione l'esiguità del campione - è stata la netta preponderanza di interpretazioni che possiamo ricondurre alla quarta formulazione proposta, che in parte era già la formulazione di partenza dell'intervistato, e in parte eventualmente è derivata da uno spostamento, avvenuto durante le stesse interviste, da posizioni che erano più vicine - seppur non ragionate e non orientanti in maniera significativa l'agire - alla prima formulazione.

Ciò che di importante si può ricavare dalle spiegazioni che i "teorici del backfire" danno sulle cause dell'effetto rimbalzo e del backfire è l'idea secondo la quale la responsabilità di questi fenomeni si ripartisce su un ampio ventaglio di attori e condizioni agevolanti, alcune situate più "a monte", altre situate più "a valle". Nella quarta formulazione, pur rappresentando un allontanamento dalla troppo semplicistica prima formulazione, si omette però di attribuire la parte di corresponsabilità ai miglioramenti e all'innovazione tecnologica. Il risultato è che la sufficienza diventa una soluzione praticata su beni maturi forntenti servizi la cui domanda è pressoché satura, e non sui beni ad alto contenuto innovativo, la cui domanda andrà verosimilmente a foraggiare l'effetto rimbalzo (più eventuali effetti negativi collaterali), e ciò grazie anche al contributo di chi ne è a conoscenza. Viene da chiedersi se la seconda formulazione - provocazione dal sapore velatamente luddista - non debba la sua emersione anche alla mancata presa in considerazione delle corresponsabilità del cambiamento tecnologico e del conseguente assente tentativo di governarlo.

5.3 Conclusioni

Abbiamo visto che le modalità con le quali si trova ad essere implementata la strategia dell'efficienza possono portare a effetti perversi, e che taluni di essi possono portare a loro volta al rafforzamento dei meccanismi dell'effetto rimbalzo o alla diminuzione della possibilità di implementare le misure mitigative più efficaci. In base a ciò ci sentiamo in grado di proporre, per diversi soggetti, alcuni suggerimenti.

L'effetto rimbalzo non è una semplice curiosità, più o meno sfiziosa, che gli individui che sono, o che si vuole rendere, ecologicamente orientati possono conoscere oppure no. Si tratta di un argomento cen-

trale, la cui conoscenza approfondita può far mutare significativamente, verso una maggiore efficacia, il repertorio di azioni ecologiche. Dovrebbe perciò iniziare ad essere presente nell'educazione ambientale nonché nei rapporti, piani e programmi inerenti la risoluzione di problemi ambientali tramite miglioramenti dell'efficienza. Affinché possa essere presente in queste ultime tipologie di documenti non basterà ovviamente farvi appena sommari accenni, come è invece avvenuto – laddove è avvenuto - finora. Allo stesso tempo non si potrà attendere che gli studiosi convergano su uno o alcuni modelli per misurarlo, prima di poterlo prendere in considerazione. Non possiamo difatti sapere se un accordo, o un consenso di minima, verrà mai raggiunto o se verrà raggiunto in tempi brevi. Seguendo le prime, e ancora vaghe, indicazioni che giungono dall'Unione Europea sarebbe almeno auspicabile che i piani e programmi per l'efficienza inizino a tenere in considerazione almeno gli effetti rimbalzo diretti. Non possiamo difatti escludere che ciò non arrivi ad essere consigliato o a divenire addirittura obbligatorio. Inoltre, e soprattutto, ciò permetterebbe quantomeno di fare in modo che le aspettative si ritrovino ad essere meno marcatamente disattese e che gli obiettivi di riduzione del consumo di una o più risorse siano più realistici e meno immotivatamente ottimistici.

Le strategie per l'arruolamento dei consumatori all'interno della più ampia strategia dell'efficienza sono un altro punto sul quale è necessario intervenire. I benefici dell'efficienza potranno essere pubblicizzati e incentivati (anche economicamente si intende), purché si adottino più significative cautele. Per quanto possa suonare paradossale affinché l'efficienza sia ecologicamente efficace occorre che non si parli della sua efficacia. Ciò ci porta a suggerire l'opportunità di porre una maggiore attenzione ai contenuti della comunicazione ambientale e, più nello specifico, di quella comunicazione ambientale (da qualunque parte questa provenga: imprese private o settore pubblico) che, finalizzata ad incentivare i consumi sostenibili, stimola di fatto alcuni meccanismi dell'effetto rimbalzo. Sugeriamo inoltre di non perdere di vista le possibili conseguenze dei processi di standardizzazione della misurazione degli impatti ambientali dei prodotti: le operazioni di occultamento ed enfattizzazione di flussi agevolano appena la comprensione percepita degli impatti.

In base a quanto presentato sia nella prima che nella seconda parte di questo capitolo emerge il fatto che non sono gli individui, nel ruolo di consumatori, quelli sui quali fare affidamento per la riduzione dei consumi di risorse nelle nostre società. Da un lato perché le azioni più efficaci nel prevenire effetti rimbalzo e backfire si situano al di fuori della sfera del consumo (contenente sia il consumo che il non-consumo laddove risulti da una scelta); dall'altro perché, come abbiamo visto per le ICT, il consumatore non è in grado di percepire le conseguenze che possono derivare dall'espansione di nuovi stili di consumo sui quali le considerazioni di ordine ambientale non si sono ancora radicate.

Un ultimo punto riguarda i risultati che ci si attende dal mutamento e dal miglioramento tecnologico, soprattutto quello portato dalle ICT. Sugerire il controllo delle possibili conseguenze negative dello sviluppo tecnologico, e quindi suggerire l'applicazione di logiche precauzionali o di cautele, e quindi di eventuali restrizioni o limitazioni all'uso e sviluppo delle ICT, senz'altro non riscuotono particolare consenso. Il che, se si concorda sul fatto che le ICT abbiano quelle caratteristiche suscettibili di condurre con maggiori probabilità a situazioni di backfire, potrebbe destare qualche preoccupazione. È anche qui applicabile la posizione di Morozov (2011, p. 270) secondo cui "riconoscere la natura rivoluzionaria di una tecnologia non è una scusa valida per non regolamentarla". Ci uniamo quindi a chi si augura una maggiore attenzione e un maggior controllo politico della cosiddetta società dell'informazione; attenzione e controllo che dovranno riguardare i possibili effetti dannosi per la società, così come i possibili effetti dannosi per l'ambiente.

6. CONSERVAZIONE ENERGETICA NEL CONSUMO DOMESTICO DI ENERGIA ELETTRICA

Giovanna Garrone, Sergio Giaccaria

6.1 Introduzione

I capitoli precedenti hanno messo in luce l'esistenza di effetti rimbalzo conseguenti all'incremento di efficienza. Il capitolo sulle tecnologie ICT ha illustrato come il considerare anche gli effetti in termini di stock (prelievo di risorse naturali ed incremento di pressioni ambientali generate dall'accumulo di rifiuti) amplifichi ulteriormente la magnitudine del rebound/backfire. Questo capitolo affronta un tema diverso ma complementare a quello del rebound, quello della conservazione energetica, intesa come riduzione dei consumi a parità di tecnologia, o sufficienza³⁰.

In particolare si rivolge l'attenzione ai consumi di energia elettrica in ambito domestico. Vale la pena riportare qualche dato per contestualizzare questo settore nel contesto dei consumi energetici in genere. La quota relativa all'elettricità sul totale dei consumi energetici finali è quasi raddoppiata tra il 1973 e il 2009, passando per i Paesi Oecd dal 11.5 al 21.6% (IEA 2011). Nel contempo, nella maggior parte dei paesi cresceva la quota di consumi energetici finali attribuibili al settore domestico (famiglie)³¹. nel nostro Paese

Nel settore domestico, la componente principale continua ad essere quella del riscaldamento, che però negli anni 1990-2005 è cresciuta di poco in termini assoluti³² e ha quindi in termini relativi è diminuita dal 58 al 53% (dato riferito a 19 Paesi Oecd³³ riportato da IEA 2008). Parallelamente, mentre rimanevano stabili le quote relativi a cottura e illuminazione (entrambe intorno al 5%), la quota in netta crescita è quella attribuita alle appliances (apparecchiature di varia natura ad alimentazione elettrica), che nel quindicennio passa da 16 al 21% superando la funzione di riscaldamento dell'acqua.

È inoltre interessante notare che questo aumento è avvenuto in concomitanza di una significativa riduzione dei consumi unitari, indotta anche da politiche per l'efficienza, per i grandi elettrodomestici tradizionali (Figura 1, lato sx, riferita a 15 Paesi Europei): frigoriferi, congelatori, lavatrici e lavastoviglie (mentre per i televisori, gli aumenti di efficienza sono stati compensati dalla diffusione di schermi più larghi). Pertanto la quota relativa di questi 5 tipi di apparecchiature è decisamente diminuita (Figura 1, lato dx), mentre sono cresciuti invece i consumi dovuti a una pluralità di apparecchiature più piccole (tra cui prodotti elettronici vari e strumenti dell'ICT: personal computer, telefonia mobile).

IEA (2008) riporta inoltre che il declino in termini assoluti dei consumi si è verificato solo per frigoriferi e lavatrici, facilmente identificabili come prodotti orientati a soddisfare un bisogno/desiderio per il quale è facile immaginare un livello di saturazione, mentre per gli altri grandi elettrodomestici la maggiore efficienza unitaria è stata compensata da una maggiore diffusione e da un utilizzo più intenso.

³⁰ Di seguito il termine conservazione energetica verrà utilizzato nel testo del capitolo come sinonimo di risparmio energetico o sufficienza.

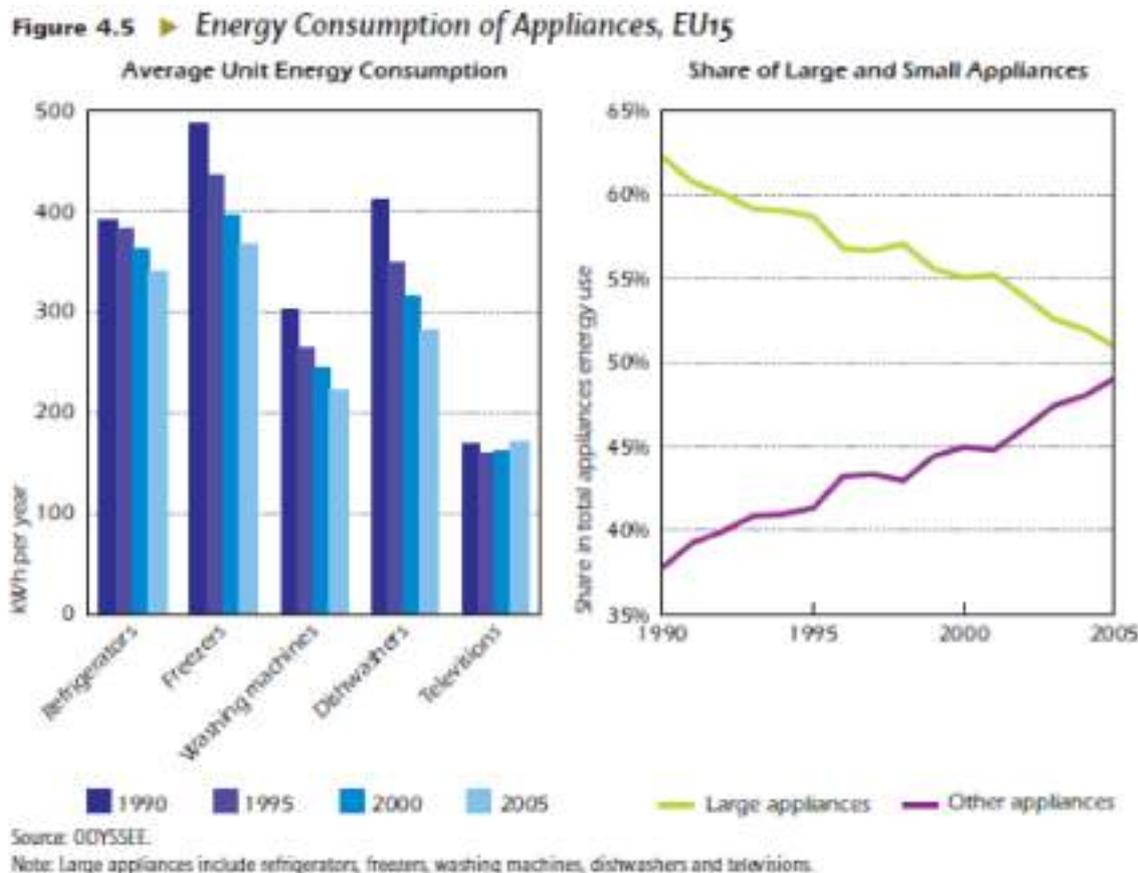
³¹ In Italia, nel 2009, il settore residenziale contava per quasi un quarto (23.8%) dei consumi finali di energia elettrica (dati IEA).

³² Ciò pare attribuibile ad aumenti di efficienza tanto degli impianti termici quanto dell'isolamento degli edifici. Trattandosi di un servizio per il quale esiste chiaramente un livello di 'saturazione', non vi è da attendersi in questo caso un importante rebound effect diretto.

³³ I 19 Paesi a cui sono riferiti i dati, ovviamente non interpretabili come esatti per l'Italia, sono: Australia, Austria, Canada, Corea, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Irlanda, Italia, Nuova Zelanda, Norvegia, Paesi Bassi, Svezia, Svizzera, Spagna, UK, US.

Tale considerazione, oltre a costituire un esempio di effetto rimbalzo indiretto nel consumo, porta l'attenzione da un lato sull'evoluzione storica della domanda di servizi energetici che è determinata da un complesso di fattori che comprendono le opzioni tecnologiche disponibili e la costruzione sociale e culturale dei "bisogni"; dall'altro, sulla rilevanza dei livelli e della modalità di uso delle apparecchiature che mediano il nostro rapporto con i consumi elettrici.

Figura 1. Consumi energetici delle apparecchiature



Fonte: IEA

L'obiettivo di questo studio è proprio quello di esplorare, nell'ambito del consumo di energia elettrica, le potenzialità del contenimento dei consumi, sia come risultato di iniziative volontaristiche mirate a promuovere concetti di sostenibilità energetica, sia di politiche strutturate in un'interazione tra famiglie ed istituzioni, sia come risultato dell'emergere di norme sociali e di riorientamento nei comportamenti di consumo in base a determinanti di carattere culturale.

Le iniziative di politica energetica attualmente implementate nel nostro paese riconoscono l'opportunità ed il valore meritorio del risparmio energetico, puntando comunque sull'implementazione di tecnologie aggiuntive, e ben più raramente promuovendo modifiche dei comportamenti di consumo. Gli obiettivi di queste policy di risparmio energetico accoppiate ad eco-efficienza si articolano in riduzioni dei fenomeni dissipativi (obiettivo attuabile attraverso investimenti, come nelle ristrutturazioni edilizie), in adozione di nuovi dispositivi, a minor consumo, o nell'attivazione di dispositivi di autoproduzione di elettricità e/o calore (come pannelli fotovoltaici o piccoli impianti a cogenerazione).

Le energy service companies (ESCO) hanno da tempo avviato un servizio che è proprio quello di segnalare

ad utenti particolarmente energivori quali siano i livelli di risparmio energetico conseguibili attraverso modifiche comportamentali (per ridurre gli sprechi), e quali target aggiuntivi siano conseguibili grazie all'adozione di nuove tecnologie. In ogni caso, il rebound che consegue all'adozione di nuova tecnologia è ineliminabile, e sono molto rari i casi in cui le ESCO abbiano pensato di rivolgersi al consumo domestico e in modo specifico stimolando azioni di conservazione energetica a tecnologia costante.

L'esistenza di un margine di razionalizzazione è determinata, tra l'altro, dal fatto che si tratta di una domanda derivata. Nel procurarsi elettricità, i consumatori valutano e percepiscono in modo più diretto i servizi che l'elettricità permette di svolgere attraverso gli elettrodomestici: è più immediato quantificare il numero di chili di biancheria lavata in lavatrice, il numero di lampade e di ore in cui vengono usate, il livello di temperatura e le quantità di acqua calda consumate, ma è improbabile che i consumatori siano in grado di esercitare in modo completo dei processi di scelta razionale come quelli definiti dalla teoria neoclassica del comportamento del consumatore. L'intento della ricerca è quello di investigare le potenzialità ed i margini di iniziative di conservazione energetica in questo campo, tenendo conto dei complessi meccanismi che guidano l'evoluzione dei comportamenti di consumo, e che chiamano in causa abitudini, consapevolezza, valori individuali, norme sociali, apprendimento.

Lo strumento metodologico scelto è quello della simulazione ad agenti, come verrà meglio spiegato nella sezione 6.5. In sintesi, tale metodo consente di modellare "agenti" dotati di caratteristiche eterogenee, che interagiscono scambiando informazione tra di loro e/o con l'ambiente circostante (è quindi possibile tenere conto sia dello spazio fisico che di quello relazionale). Tale informazione è poi processata e tradotta in azione in base a regole di comportamento (differenziabili per gruppi di agenti). La simulazione ad agenti permette quindi di tenere conto di due aspetti che tipicamente sfuggono a strumenti di simulazione più tradizionali: l'eterogeneità non solo in termini di caratteristiche ma anche in termini comportamentali e l'interazione. È parso dunque strumento metodologico appropriato da applicare a un tipo di consumo che intrinsecamente male si adatta ad essere analizzato sulla base dei presupposti di comportamento atomistico e scelta razionale tipici dell'analisi economica neoclassica.

La costruzione del modello è stata mirata, nella misura possibile, al realismo: gli agenti (famiglie) sono stati tipizzati sulla base dei dati Istat provenienti dall'Indagine sui Consumi delle Famiglie (edizione 2009, particolarmente ricca di informazioni sugli elettrodomestici). La stessa base dati è stata utilizzata per condurre analisi quantitative volte a fornire un quadro descrittivo della spesa di energia elettrica domestica nel nostro Paese, esposto nella sezione 6.1.

La sezione 6.3 presenta una rassegna dei contributi teorici che trattano dei cambiamenti nei comportamenti di consumo guidati da determinanti di carattere valoriale connesse alla sostenibilità ambientale. La parte 6.4 introduce invece una tassonomia delle iniziative e delle politiche di promozione della conservazione energetica che si basano proprio sulla riduzione dei margini di inefficienza dovuti ad opacità e scarsità dell'informazione, ma anche sul fatto che queste policy possono avere effetti strutturali sul consolidamento di abitudini e sull'interiorizzazione di norme sociali che giocano a favore della sostenibilità ambientale.

Infine la sezione 6.5 presenta il modello di simulazione, informato dalle analisi empiriche e ispirato da dai modelli teorici sui comportamenti di consumo. Il modello propone una quantificazione degli impatti di due diverse tipologie di policy di conservazione energetica. In base alle analisi sui dati ISTAT, il modello caratterizza degli agenti (cioè famiglie "simulate") con comportamenti stilizzati di consumo e conservazione energetica. La simulazione ad agenti permette di fare emergere alcuni elementi di discussione sul disegno e sulla portata delle misure di conservazione, anche in funzione dell'interazione tra consumatori ed istituzioni (le policy) ma anche dell'interazione tra agenti (cioè la diffusione di pratiche in base a comportamenti imitativi e adattivi a nuove norme sociali).

6.2 I consumi elettrici delle famiglie italiane

Il dataset Istat sui Consumi delle Famiglie costituisce una buona base informativa per indagare le relazioni tra domanda domestica di elettricità, disponibilità di apparecchiature e caratteristiche socio-demografiche. A fini del modello di simulazione, ne sono state tratte:

- la tipizzazione degli agenti (famiglie) per caratteristiche demografiche, caratteristiche dell'abitazione, disponibilità di set di apparecchiature, e dati di spesa
- la stima del contributo di ciascuna apparecchiatura al consumo di elettricità
- la stima (prudenziali) dei margini potenziali di conservazione energetica.

In questa sezione presentiamo un quadro descrittivo della domanda domestica di elettricità, delineando da un punto di vista quantitativo e qualitativo le caratteristiche del parco di elettrodomestici presenti nelle famiglie italiane in relazione alle informazioni sulle caratteristiche sociodemografiche delle famiglie. Alle analisi descrittive in merito alle variabili di maggior interesse seguono gli esiti delle stime sulle determinanti della spesa per elettricità che forniranno gli input per la costruzione del modello (sezione 4.5).

Poiché il modello di simulazione è implementato con i dati relativi all'area relativa a Piemonte e Valle d'Aosta unite in un'unica "regione" (PVA nel seguito), le statistiche, riportate alla popolazione italiana, sono presentate sia per l'intera Italia che per tale area.

6.2.1 Statistiche descrittive

Le variabili rilevanti per la nostra analisi comprendono:

- Caratteristiche dell'abitazione
- Caratteristiche del gruppo ("famiglia") che la abita
- Dotazione di apparecchiature energivore
- Spesa complessiva della famiglia³⁴, interpretabile come approssimazione del reddito.

I consumi di elettricità in ambito domestico derivano da una serie di funzioni che sono mirati ad assolvere, in corrispondenza di una serie di bisogni da soddisfare: illuminazione, cottura dei cibi, raffrescamento e riscaldamento, ricreazione, comunicazione... Si discuterà più avanti nel testo di come la definizione dell'entità di tali "bisogni" e quindi la determinazione dei livelli delle attività connesse alle diverse funzioni non sia un materia strettamente ingegneristica ma bensì costituisca anche un costrutto psicologico, sociale e culturale. Ciò detto, è ragionevole supporre che il livello di consumi relativo ad almeno alcune delle funzioni in gioco evidenzia una relazione con precise circostanze e caratteristiche. In particolare, i consumi elettrici e il soddisfacimento di bisogni sono mediati da strumenti, apparecchiature energivore di varia natura (appliances) su cui si concentra in modo particolare l'analisi finalizzata alla costruzione del modello di simulazione.

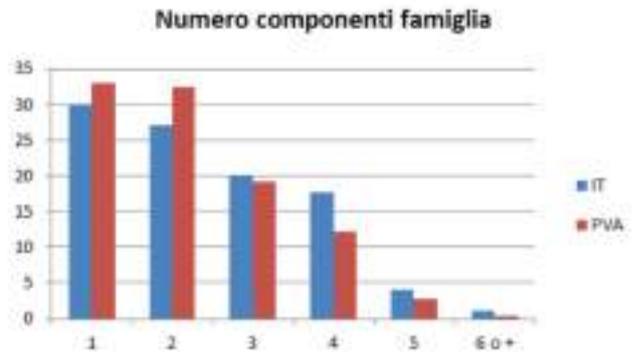
Tra le caratteristiche relative all'abitazione, la più direttamente rilevante ai fini dei consumi elettrici è la dimensione. Non disponendo della misura in metri quadrati, rilevata da Istat ma non fornita nel dataset, usiamo come approssimazione il numero di vani, la cui distribuzione nel campione è rappresentata in Figura 2.

³⁴ La spesa complessiva considerata, somma delle diverse voci di spesa registrate nell'Indagine sui Consumi delle Famiglie, è al netto di mutui e interessi pagati su prestiti.

Figura 2. Distribuzione abitazione principale per numero vani



Figura 3. Distribuzione per dimensione familiare

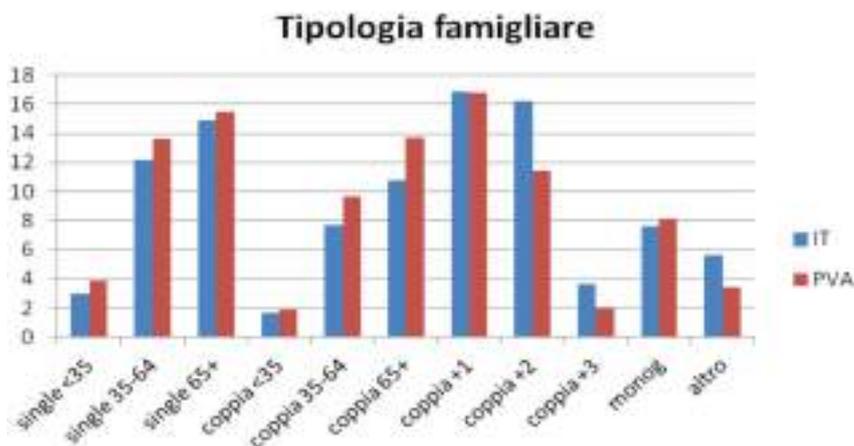


Le distribuzioni riferite all'Italia e quella relativa alla sola regione PVA non differiscono in modo sostanziale se non per un lieve spostamento, di PVA verso abitazioni a minor numero di vani. Ciò è perfettamente coerente con un'analogia, ed analogamente lieve, differenza nelle distribuzioni per dimensione familiare (Figura 3).

Altri aspetti quali l'ubicazione e la tipologia dell'abitazione interessano maggiormente il confronto tra spesa per elettricità e spesa per altre forme di energia domestica.

Quanto alle caratteristiche dei nuclei familiari le principali sono il numero di componenti (Figura 3) e la tipologia di famiglia, per la quale è stata utilizzata la classificazione già elaborata da Istat³⁵ (Figura 4), che influenzano sia il livello dei bisogni da soddisfare che il numero e la tipologia delle apparecchiature possedute (dimensione del frigorifero, numero di apparecchi televisivi).

Figura 4. Distribuzione per tipologia familiare



35 La classificazione distingue:

- 1 = Persona sola con meno di 35 anni
- 2 = Persona sola tra 35 e 64 anni
- 3 = Persona sola con più di 65 anni
- 4 = Coppia senza figli con persona di riferimento con meno di 35 anni
- 5 = Coppia senza figli con persona di riferimento con 35-64 anni
- 6 = Coppia senza figli con persona di riferimento con più di 65 anni
- 7 = Coppia con 1 figlio
- 8 = Coppia con 2 figli
- 9 = Coppia con 3 e più figli
- 10 = Monogenitore
- 11 = Altre tipologie

In Piemonte e Valle d'Aosta risultano più rappresentati, rispetto all'Italia nel complesso, i single e le coppie senza figli – in specie quelle anziane, e in minor misura le coppie con più di un figlio.

Per quanto riguarda le apparecchiature (Tabella 1), per ciascuna categoria il dataset ISTAT fornisce da un lato l'informazione sul possesso da parte della famiglia³⁶; dall'altro rileva l'eventuale acquisto di un apparecchio nei tre mesi precedenti all'intervista. La frequenza di tali acquisti divisa per 3 è dunque riportata in tabella in quanto potrebbe esser utilizzato come stima delle probabilità (a livello mensile) di sostituzione delle apparecchiature, in una eventuale estensione della simulazione alle scelte di acquisto. Occorre però sottolineare che non è distinguibile nei dati la sostituzione dall'acquisto ex novo, e anche che almeno per alcune categorie (Personal computer, stufe, condizionatori; non tanto per lavastoviglie o cucine elettriche), è plausibile il possesso di una pluralità di apparecchi. L'uso di energia elettrica a scopi di riscaldamento di ambienti e di acqua (le prime due righe della tabella) è ricostruito a partire da altre variabili.

Le apparecchiature più universalmente diffuse (oltre il 97%) sono frigorifero, lavatrice e tv. Il 95% delle famiglie possiede questa triade di elettrodomestici. Ciò induce ad escluderle dalla stima econometrica allo scopo di evitare problemi di multicollinearità.

Le percentuali di possesso sono in generale più elevate per la regione Piemonte/Val d'Aosta che per l'Italia nel complesso, tranne che per boiler, riscaldamento, stufe e condizionatori. Se da un lato la regione PVA è mediamente più ricca del resto del Paese, le condizioni climatiche fanno sì che sia maggiormente diffuso il riscaldamento centralizzato, mentre il raffrescamento è una funzione decisamente meno importante.

Tabella 1. Possesso e acquisto di apparecchiature.

	Italia		Piemonte e Val d'Aosta	
	% possesso	Prob acquisto in mese	% possesso	Prob acquisto in mese
Boiler elettrico	18.4%	-	14.5%	-
Riscaldamento el.	2.9%	-	1.1%	-
Cucine elettriche	74.7%	0.20%	78.8%	0.28%
Frigido e/o congelatori	99.2%	0.31%	99.0%	0.63%
Lavastoviglie	44.5%	0.12%	43.6%	0.21%
Lavatrice	97.1%	0.40%	97.8%	0.87%
App. per pulizia	79.5%	0.29%	88.4%	0.44%
Stufe e cappe aspiranti	75.3%	0.06%	69.1%	0.07%
Condizionatori	33.5%	0.13%	15.6%	0.06%
Macchine per cucire	30.5%	0.04%	36.2%	0.10%
Televisore	97.1%	0.68%	97.2%	1.20%
Videoregistratore	62.2%	0.08%	64.4%	0.15%
Impianto Hi-fi	56.3%	0.14%	62.2%	0.62%
Pc, stampanti	52.3%	0.56%	52.2%	0.63%

Anche le probabilità di acquisto sono in generale più elevate in PVA che in Italia, salvo che per le due categorie appena menzionate. In generale appaiono particolarmente più elevate le probabilità di acquisto di apparecchiature che è plausibile possedere numero maggiore di uno (tv, pc) e dall'altro lato di quelle ad utilizzo più intensivo (e quindi forse più sottoposte a usura): lavatrice e frigorifero. La Tabella 2 illustra i coefficienti di correlazione tra le apparecchiature/funzioni ed altre variabili di interesse.

³⁶ Il dato è riferito al possesso in abitazione principale o secondaria. Tuttavia riteniamo marginale il caso in cui un'apparecchiatura sia posseduta solo in un'abitazione secondaria. Per completezza: la percentuale di famiglie che possiedono abitazioni secondarie è 8.3 per l'Italia (di queste, 90% ne possiede solo una) e 12.5 per PVA (89% solo una).

Tabella 2. Matrice di correlazione tra variabili

	Spesatot	N Comp	Stanze	Risc. El	Boiler	Cuc. el	Fri... Frigo...	Lavast.	Lavatr.	Pulizia	Stufe...	Condiz.	M cucire	Tv	Video	HI FI
Spesatot	1															
N comp	0.306	1														
Stanze	0.271	0.251	1													
Risc. El	-0.064	-0.033	-0.055	1												
Boiler	-0.162	-0.078	-0.111	0.231	1											
Cuc. El	0.113	0.106	0.089	0.007	-0.073	1										
Fri... Frigo...	(-0.004)	0.010	(-0.003)	0.008	(0.003)	0.106	1									
Lavast.	0.299	0.206	0.236	-0.065	-0.219	0.177	0.056	1								
Lavatr.	0.070	0.117	0.093	-0.013	-0.055	0.113	0.381	0.112	1							
Pulizia	0.231	0.177	0.161	-0.077	-0.208	0.186	0.139	0.327	0.218	1						
Stufe...	0.072	0.064	0.053	0.056	0.131	0.117	0.117	0.090	0.089	0.156	1					
Condiz.	0.162	0.124	0.118	0.046	-0.044	0.092	0.044	0.237	0.087	0.183	0.093	1				
M cucire	0.073	0.043	0.138	-0.013	-0.056	0.053	0.042	0.015	0.083	0.105	0.054	0.041	1			
Tv	0.011	0.073	0.069	-0.014	-0.005	0.027	0.039	0.020	0.113	0.052	0.012	0.040	0.050	1		
Video	0.232	0.280	0.154	-0.061	-0.123	0.130	0.026	0.265	0.101	0.281	0.080	0.156	0.023	0.202	1	
HI FI	0.245	0.284	0.121	-0.035	-0.112	0.167	0.020	0.270	0.074	0.276	0.085	0.152	-0.021	0.042	0.435	1
PC	0.336	0.424	0.180	-0.036	-0.132	0.142	0.020	0.314	0.089	0.275	0.076	0.202	-0.007	(0.003)	0.362	0.442

Tutti i coefficienti sono statisticamente significativi tranne i pochi posti in parentesi. Sono inoltre quasi tutti positivi. Quelli negativi, della maggioranza delle apparecchiature con il riscaldamento ed il boiler elettrici, si spiegano probabilmente tramite la diversa correlazione di questi ultimi con il reddito: infatti la correlazione con la spesa totale (proxy del reddito) presentano segno diverso. Mentre il possesso di apparecchiature in genere cresce al crescere del reddito, l'utilizzo di energia elettrica per scaldare l'acqua tramite boiler elettrici e per scaldare gli ambienti tramite stufe elettriche è associato a redditi inferiori. La Figura 5 colloca il raffronto tra PVA e Italia nel range di variazione tra tutte le regioni, rappresentato dal segmento verticale: il box centrale è chiaro quando il valore PVA è maggiore di quello italiano, scuro nel caso contrario. Gli istogrammi che seguono (Figura 6) riportano le frequenze regionali per le categorie con range di variazione più ampi.

Le differenze tra regioni in merito a lavastoviglie e PC appaiono associate con il reddito medio, mentre il boiler elettrico è più diffuso in regioni meridionali dove è poco sviluppata la rete di distribuzione del gas e poco frequente il riscaldamento centralizzato.

Una disaggregazione analoga è stata effettuata per la tipologia familiare (Figura 7 e Figura 8).

Appare evidente, e certo non sorprendente, come la variabilità tra tipi di famiglie sia molto differenziata tra categorie di apparecchiature. Com'è ovvio, la variabilità è minima per le tre apparecchiature "universali" già identificate, ma per le altre non ha un legame netto con la percentuale media di diffusione: è massima per pc, hi-fi, videoregistratore.

Figura 5. Possesso apparecchiature: Italia, PVA, variabilità interregionali

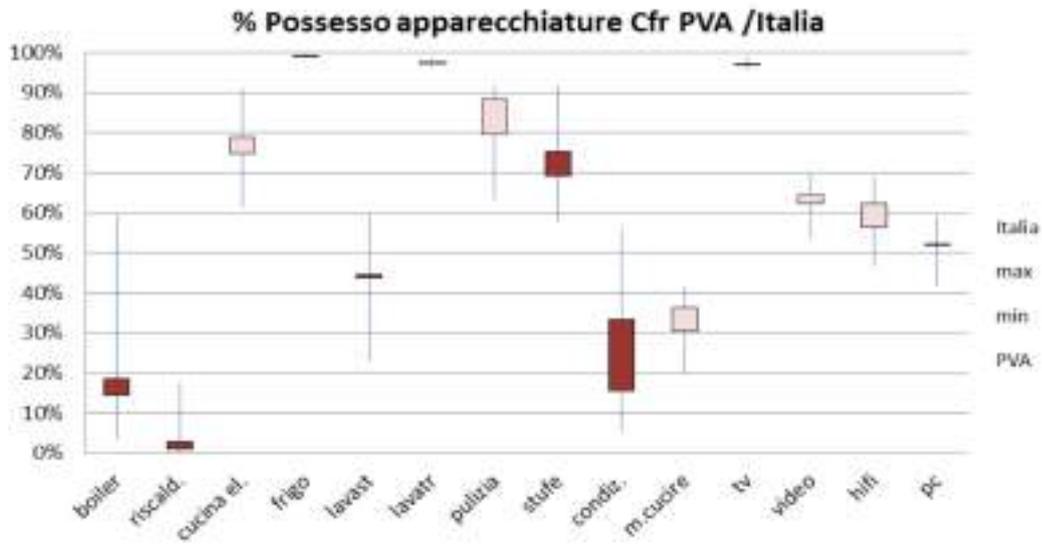


Figura 6. Percentuali di possesso per regione

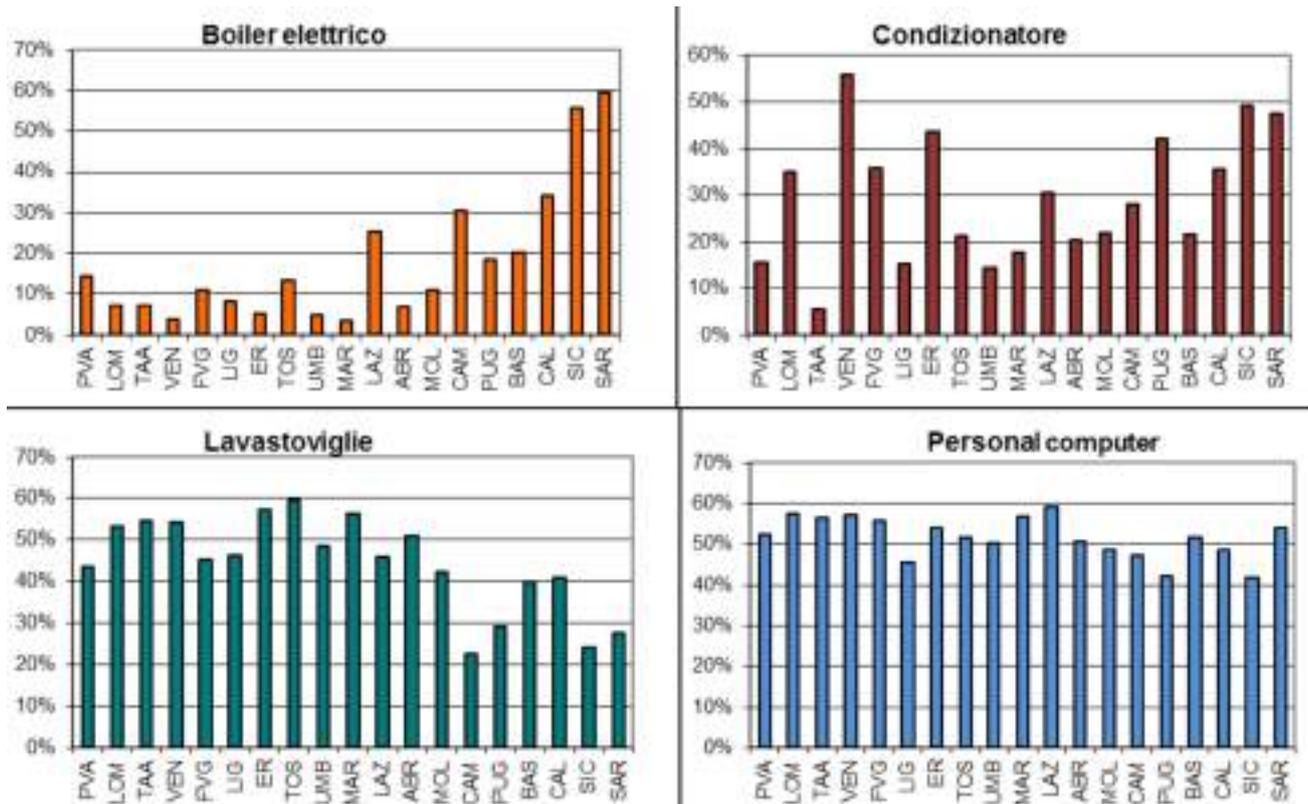


Figura 7. Possesso apparecchiature: media e variabilità tra tipi di famiglie

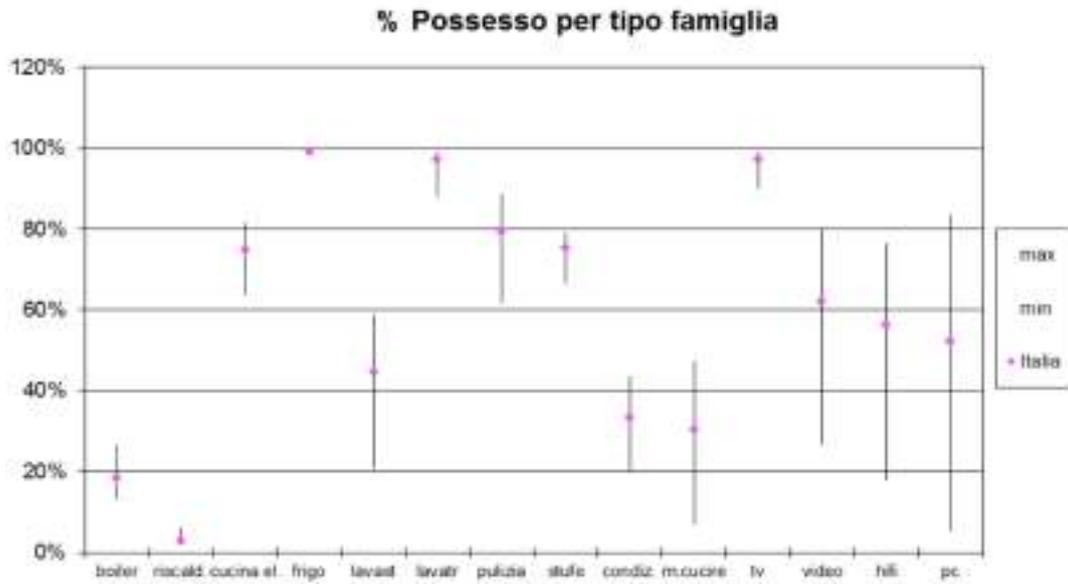
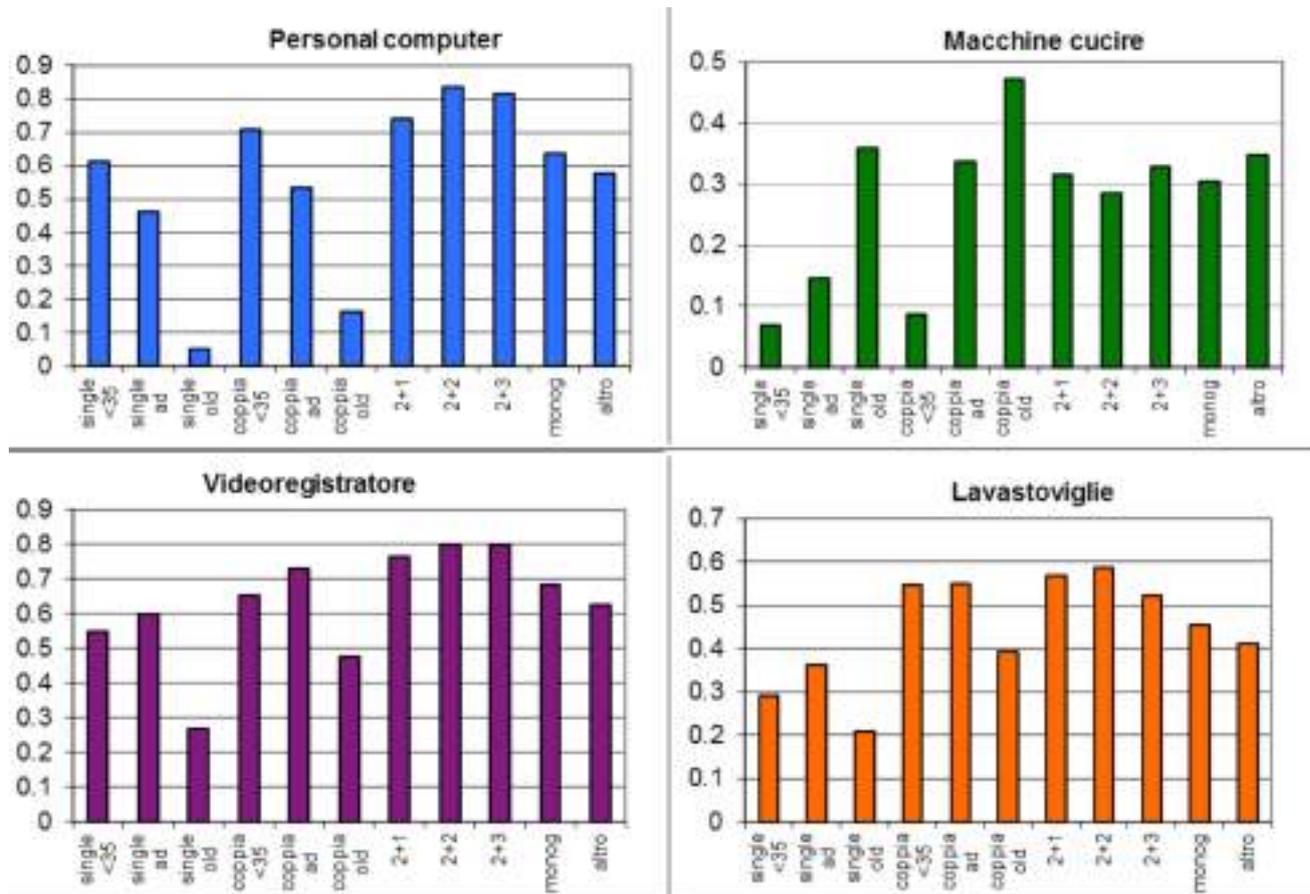


Figura 8. Percentuali di possesso per tipologia familiare



Il personal computer è nettamente più diffuso tra i giovani (single e coppie) sotto i 35 anni e nelle famiglie con figli, quasi per nulla tra gli anziani. Una distribuzione pressoché speculare è presentata invece dalle macchine da cucire. Videoregistratore e lavastoviglie hanno distribuzioni molto simili, con frequenze maggiori nelle coppie giovani e adulte e famiglie con figli.

6.2.2 La spesa per elettricità e relative quote

Passiamo ora a guardare alla spesa per elettricità, collocando, in un confronto interregionale, la spesa media per elettricità nel contesto delle altre voci di spesa energetica e della spesa media totale (Tabella 3 e Tabella 4). Per agevolare la leggibilità delle due tabelle si è usata una convenzione grafica per cui in ciascuna colonna i valori più elevati sono evidenziati da colori più scuri.

Nella regione PVA la spesa domestica per elettricità appare inferiore alla media italiana sia in termini assoluti che in termini di quota della spesa energetica complessiva e quota della spesa sul “reddito”: la quota di spesa energetica complessiva sulla spesa totale è invece decisamente più elevata della media. (La regione PVA conta il 6.7% della spesa nazionale per energia elettrica del Paese, 9.8% della spesa energetica totale).

Dalla Tabella 4 appare evidente un certo grado di sostituzione tra diverse forme di energia: tra gas da rete e gas da bombola, tra gas e rete elettrica, tra riscaldamento centrale e spesa elettrica... Le differenze regionali che possono sorprendere sono in parte attribuibili alle differenze regionali in merito alla tipologia delle abitazioni e alla loro distribuzione sul territorio (in centri urbani, nuclei abitati o case sparse in zone rurali/montane).

Tabella 3. Spesa per elettricità ed altre forme di energia

Regione	spesa mensile in €							Quote		
	Elettricità (EL)	Gas da rete	Gas bombole	Kerosene etc	Carbone e legna	Riscald. centrale	Tot spesa energia (EN)	Spesa totale (Y)	EL/Y	EN/Y
PVA	37.80	66.42	4.77	8.08	6.53	32.13	155.73	2260.96	1.7%	6.9%
LOM	43.02	80.26	0.94	6.26	2.98	16.13	149.60	2511.05	1.7%	6.0%
TAA	42.03	32.07	5.03	20.09	7.38	18.59	125.21	2206.28	1.9%	5.7%
VEN	46.64	82.91	6.18	11.52	8.27	5.45	160.96	2485.25	1.9%	6.5%
FVG	39.95	59.56	5.31	4.97	7.78	10.39	127.95	2271.60	1.8%	5.6%
LIG	33.45	53.22	3.12	5.96	3.49	15.55	114.78	2118.05	1.6%	5.4%
ER	46.19	83.75	7.10	4.17	2.53	12.35	156.09	2430.46	1.9%	6.4%
TOS	50.34	77.58	4.15	4.70	4.46	3.84	145.06	2193.64	2.3%	6.6%
UMB	50.59	68.11	8.31	4.92	11.29	8.50	151.71	2305.72	2.2%	6.6%
MAR	45.21	75.94	7.13	7.06	3.96	6.81	146.12	2154.66	2.1%	6.8%
LAZ	49.52	47.39	6.59	2.65	6.40	9.54	122.09	2323.61	2.1%	5.3%
ABR	48.40	75.53	4.66	3.47	7.40	2.81	142.27	2154.87	2.2%	6.6%
MOL	43.10	57.27	12.86	5.55	8.36	2.64	129.78	2088.62	2.1%	6.2%
CAM	50.30	24.50	13.11	1.03	3.44	1.14	93.52	1712.72	2.9%	5.5%
PUG	45.43	50.18	4.27	2.83	4.08	1.76	108.54	1768.09	2.6%	6.1%
BAS	42.44	60.52	3.78	1.05	10.98	0.96	119.73	1665.14	2.5%	7.2%
CAL	50.96	40.52	8.20	2.92	18.85	1.97	123.42	1630.76	3.1%	7.6%
SIC	54.47	23.95	8.93	0.97	0.60	0.85	89.77	1568.00	3.5%	5.7%
SAR	64.28	2.94	22.52	7.28	9.45	1.39	107.87	1714.75	3.7%	6.3%
Totale IT	46.59	59.18	6.24	5.18	5.21	9.75	132.14	2154.47	2.2%	6.1%

Ad esempio, il Molise e il Trentino Alto Adige presentano quote molto maggiori della media nazionale di case sparse (rispettivamente 17 e 11.8 contro 7.3% di media nazionale), e sono entrambe caratterizzate da consumo intenso l'una di carbone legna e gas da bombole e l'altra di kerosene ed altri combustibili liquidi. Analogamente la Calabria, con un consumo di carbone e legna che conta per oltre il 15% della spesa energetica delle famiglie, ha invece quota decisamente elevata di abitazioni in fabbricati unifamiliari (46% contro il 31% nazionale).

Tabella 4. Quote di spesa energetica totale

	Elettricità	Gas da rete	Gas bombole	Kerosene etc	Carbone e legna	Riscald. centrale
Piemonte Val d'Aosta	24,3%	42,7%	3,1%	5,2%	4,2%	20,6%
Lombardia	28,8%	53,7%	0,6%	4,2%	2,0%	10,8%
Trentino Alto Adige	33,6%	25,6%	4,0%	16,0%	5,9%	14,9%
Veneto	29,0%	51,5%	3,8%	7,2%	5,1%	3,4%
Friuli Venezia Giulia	31,2%	46,6%	4,1%	3,9%	6,1%	8,1%
Liguria	29,1%	46,4%	2,7%	5,2%	3,0%	13,5%
Emilia Romagna	29,6%	53,7%	4,5%	2,7%	1,6%	7,9%
Toscana	34,7%	53,5%	2,9%	3,2%	3,1%	2,6%
Umbria	33,3%	44,9%	5,5%	3,2%	7,4%	5,6%
Marche	30,9%	52,0%	4,9%	4,8%	2,7%	4,7%
Lazio	40,6%	38,8%	5,4%	2,2%	5,2%	7,8%
Abruzzo	34,0%	53,1%	3,3%	2,4%	5,2%	2,0%
Molise	33,2%	44,1%	9,9%	4,3%	6,4%	2,0%
Campania	53,8%	26,2%	14,0%	1,1%	3,7%	1,2%
Puglia	41,9%	46,2%	3,9%	2,6%	3,8%	1,6%
Basilicata	35,4%	50,5%	3,2%	0,9%	9,2%	0,8%
Calabria	41,3%	32,8%	6,6%	2,4%	15,3%	1,6%
Sicilia	60,7%	26,7%	9,9%	1,1%	0,7%	1,0%
Sardegna	59,6%	2,7%	20,9%	6,8%	8,8%	1,3%
<i>Totale IT</i>	<i>35,3%</i>	<i>44,8%</i>	<i>4,7%</i>	<i>3,9%</i>	<i>3,9%</i>	<i>7,4%</i>

Infine, il raffronto interregionale in Tabella 4 suggerisce un legame inverso tra livello di spesa/reddito e quota di spesa destinata ai consumi elettrici.

Tale relazione è confermata dai coefficienti di correlazione presentati in Tabella 5, che confermano la regressività della spesa energetica ed ancor più di quella elettrica.

Tabella 5. Correlazioni tra livello di reddito e quota spesa in energia

Italia	Quota EN/Y	Quota EL/Y
Quota EN/Y	1	
Quota EL/Y	0.4314	1
Spesa totale (Y)	-0.2393	-0.3342
Piemonte Val d'Aosta	Quota EN/Y	Quota EL/Y
Quota EN/Y	1	
Quota EL/Y	0.3860	1
Spesa totale (Y)	-0.2572	-0.2900

I grafici che seguono (da Figura 9 a Figura 12) mettono invece in relazione i livelli di spesa elettrica con le caratteristiche diverse dal possesso di apparecchiature rilevanti nel determinarli. La bolletta elettrica è sempre crescente rispetto alla dimensione familiare e alla dimensione dell'abitazione. La relazione appare pressoché lineare per quanto riguarda l'Italia nel complesso e livelli medi di spesa, più irregolare ma pur sempre crescente per quanto riguarda PVA e dato mediano.

Figura 9. Bolletta elettrica per dimensione abitazione

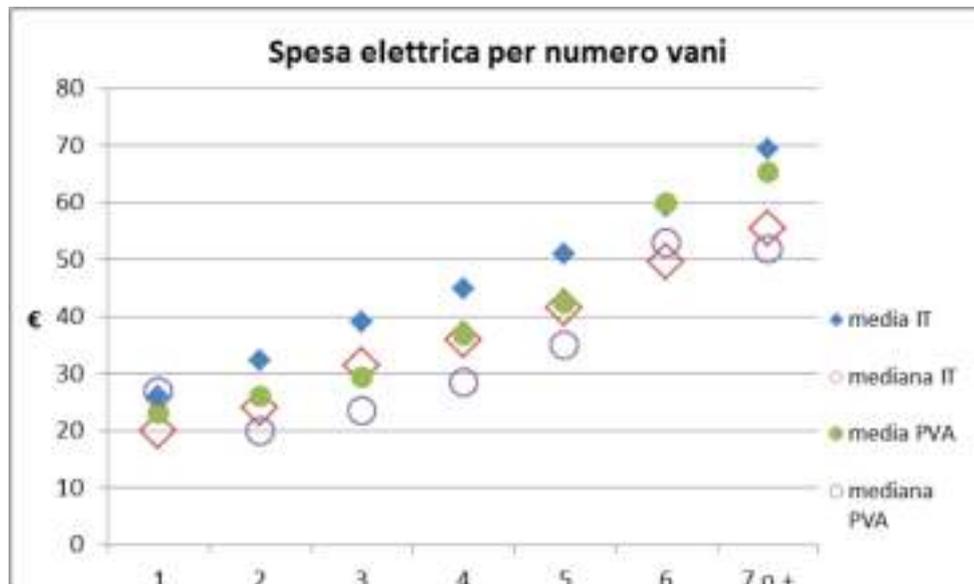


Figura 10. Bolletta elettrica per dimensione famiglia

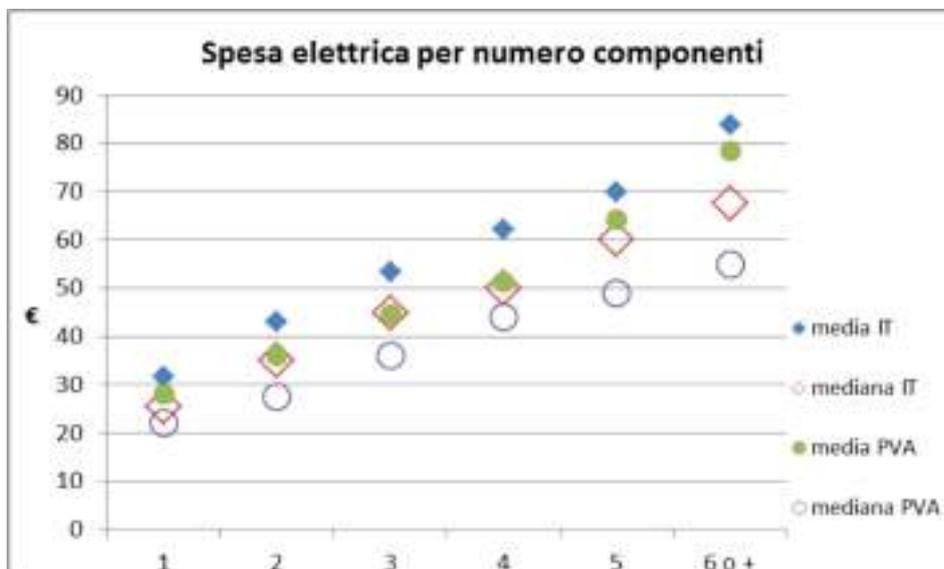
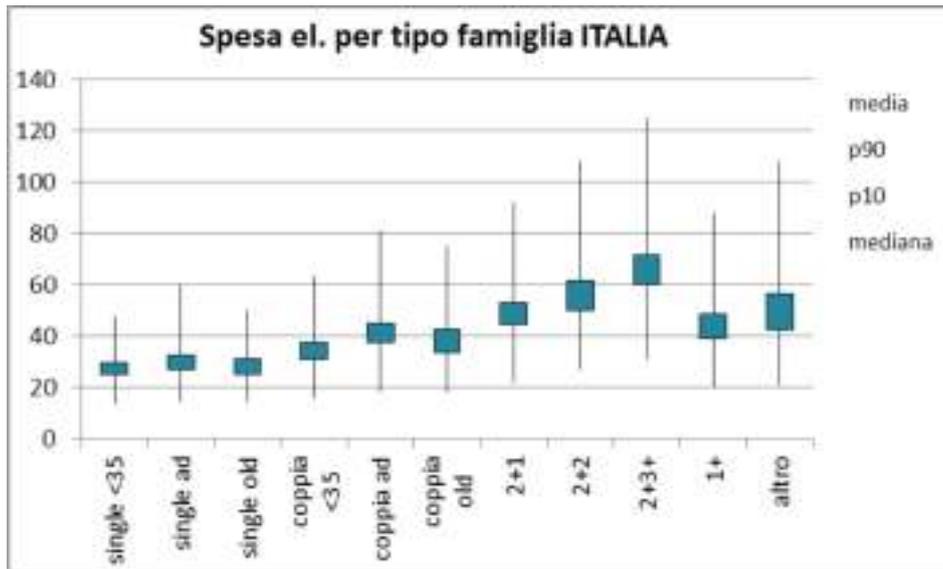
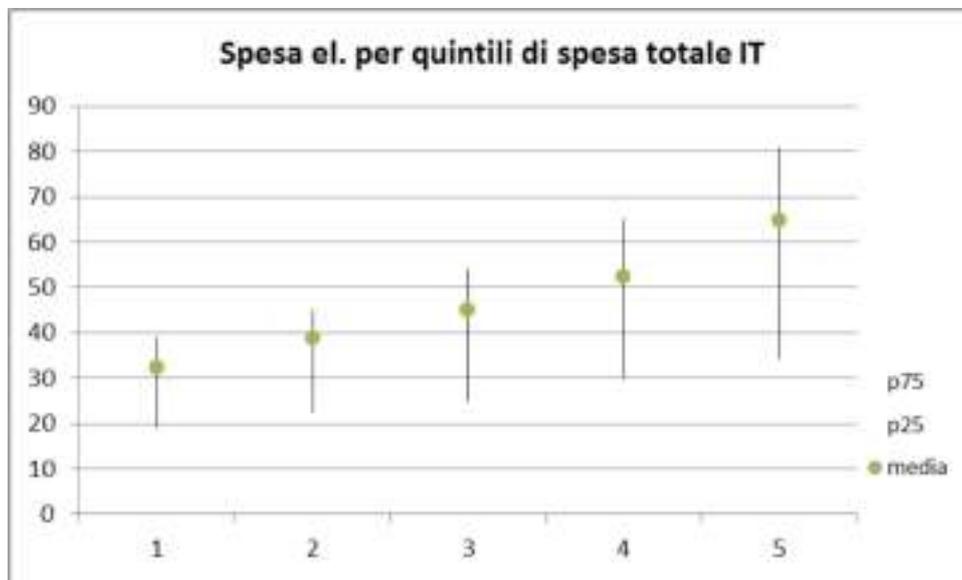


Figura 11. Bolletta elettrica per tipologia familiare



Il grafico relativo alla spesa disaggregata per tipologia familiare mostra che i livelli medi e mediani della spesa sono fortemente trainati dal numero di componenti. La variabilità, misurata dalla distanza tra il 10° e il 90° percentile, e in parte i livelli di spesa, sono maggiori per le fasce di età adulta, oltre che per i gruppi più numerosi (la categoria residuale “altro” ha una dimensione media di 3,7 persone).

Figura 12. Bolletta elettrica per livelli di reddito



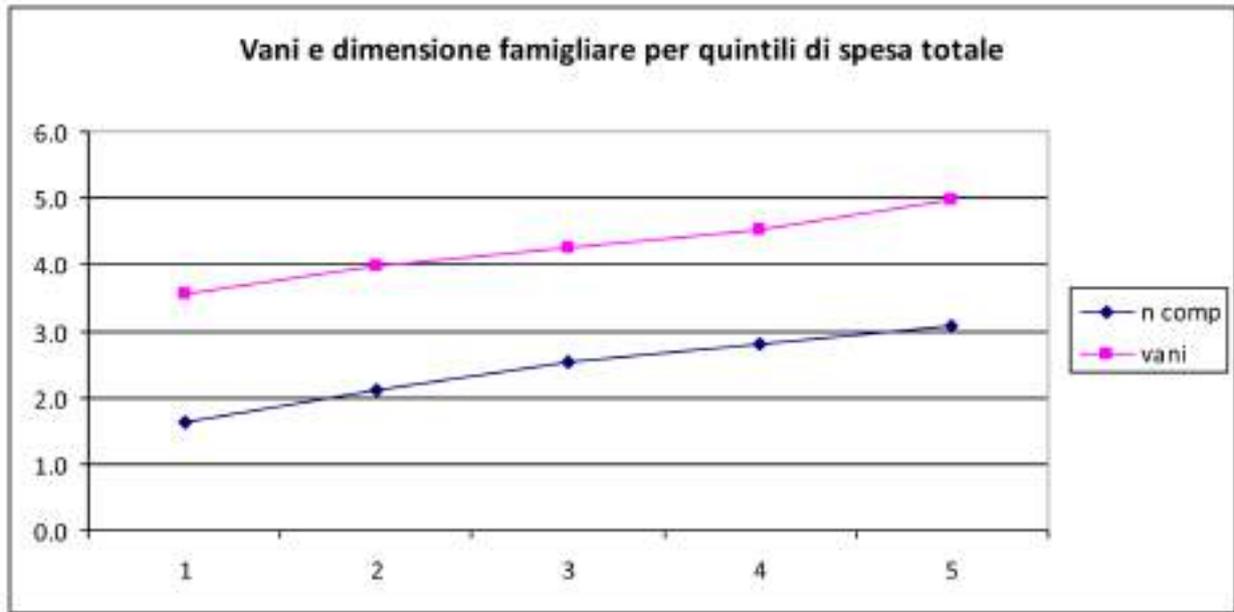
La Figura 12 mostra che spesa elettrica media cresce con il reddito, ma anche la sua dispersione (il segmento verticale indica l'ampiezza del divario tra il primo ed il terzo quartile). Due diversi fattori entrano in gioco:

- da un lato a maggiore reddito corrispondono maggiori spinte al consumo di elettricità, in termini di più elevato livello di aspirazione di consumo di servizi, e della sua concretizzazione in un maggior numero

e una maggiore varietà di apparecchiature disponibili; in questo senso nelle fasce alte di reddito si concentrano anche le maggior potenzialità di risparmio

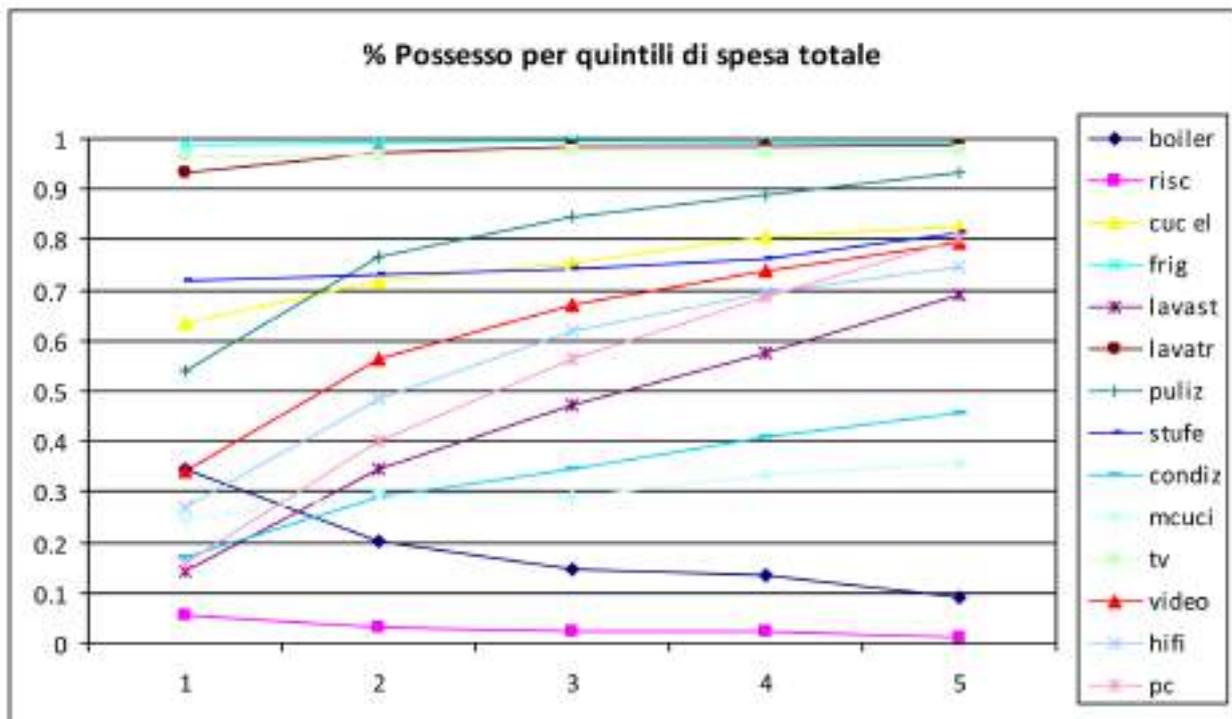
- dall'altro, poiché stiamo considerando il reddito familiare non rapportato alla dimensione familiare, nelle fasce più elevate si trovano sia le famiglie (anche i single) più benestanti che, semplicemente, le famiglie più numerose.

Figura 13. Relazioni tra dimensioni abitazione, dimensioni famiglia e reddito



La Figura 13 illustra l'inevitabile correlazione tra numero spesa, dimensione familiare e dimensione dell'abitazione. Solo l'analisi econometrica consentirà di individuare l'apporto di ciascuna di queste variabili nel determinare i consumi.

Figura 14. Relazione tra possesso apparecchiature e reddito



Il possesso di apparecchiature disaggregato per quintili conferma:

- l'universalità, con percentuali analoghe dal 2° al quintile al più elevato, del possesso di TV frigo e lavatrice;
- la relazione inversa con il reddito, già rilevato dalle correlazioni, di affidamento a fonte elettrica per riscaldamento di acqua ed ambienti;
- la diffusione crescente con il reddito di tutte le altre apparecchiature.

6.2.3. Analisi determinanti consumi elettrici

La domanda di elettricità a livello familiare può essere disaggregata in componenti di consumo relative a singoli apparecchi che utilizzano energia (a loro volta indirettamente riconducibili a specifiche funzioni o bisogni da soddisfare), attraverso l'approccio della conditional demand (Parti e Parti, 1980; Caves et al, 1987). Tale metodo consiste nel quantificare il contributo di ciascun (categoria di) apparecchio attraverso la stima di un'equazione che spieghi la spesa elettrica complessiva in funzione di variabili dicotomiche (dummy) che indicano la presenza di specifiche tipologie di apparecchio, oltre ad altre variabili esplicative di rilievo.

Nel nostro caso l'equazione di stima ha la forma:

$$Spesa\ elettrica = \alpha + \beta_1 Spesatot + \beta_2 Ncomp + \beta_3 Stanze + \gamma D + \epsilon$$

dove **D** è un vettore di dummy che rappresentano la presenza o meno di categorie di apparecchi.

Abbiamo inizialmente incluso in **D** tutte le apparecchiature sopra analizzate con l'eccezione della triade frigo tv e lavatrice, così allo scopo di evitare problemi di multicollinearità.

Consideriamo quindi che i consumi attribuibili a questi tre elettrodomestici, così come i consumi causati

da funzioni per le quali l'indagine non rileva informazioni (principalmente, l'illuminazione), nella stima rientrano nei consumi spiegati dalla proxy del reddito, dalla dimensione familiare e dal numero di stanze dell'abitazione.

Abbiamo successivamente escluso dall'equazione di stima gli apparecchi che non apparivano per nulla significativi o il cui coefficiente risultava negativo e quindi difficilmente interpretabile. Tali esclusioni hanno evidentemente modificato le stime relative alle variabili rimanenti che, tramite i legami di correlazione con quelle escluse, hanno così "catturato" parte dell'effetto di queste ultime.

Nel corso del processo sono state ripetute le stime anche separatamente per le tipologie familiari e per i quintili di reddito per valutare la stabilità delle stime.

Sono anche stati considerati modelli alternativi in cui è stato escluso solo il frigorifero, e oltre alle dummy, per ciascun apparecchio è stata anche presa in considerazione l'interazione con il reddito e con la dimensione familiare. La Tabella 6 riassume i risultati di questi modelli riportando solo il segno dei coefficienti significativi per i 4 modelli:

- 1) 11 dummy di possesso apparecchi, N comp, Stanze, Spesatot
- 2) 11 dummy di possesso, N comp, Stanze, 11 dummy interagite con Spesatot
- 3) 11 dummy di possesso, Spesatot, Stanze, 11 dummy interagite con Ncomp
- 4) 11 dummy di possesso, Stanze, 11 dummy interagite con Ncomp, 11 dummy interagite con Spesatot.

Tabella 6. Sintesi dei risultati delle regressioni estese

	Modello 1)		Modello 2)		Modello 3)		Modello 4)	
	Segni variabile	Segni variabile	Segni Interazioni reddito	Segni variabile	Segni Interazioni NC	Segni variabile	Segni Interazioni reddito	Segni Interazioni NC
Cucine								
Lavastoviglie	+	+		+		+		
Lavatrice					+			+
Pulizia	-	-			-			-
Stufe	+	+	-		+		-	+
Condizionatori	+	+		+	+	+	+	+
Macchine da cucire					+			+
Tv	+		+		+	-	+	+
Videoregistratore								
Hi-fi	-							
PC	+	+			+		+	+
Stanze	+	+	+	+	+	+	+	
Numero componenti	+	+
Spesa (escluso mutui)	+	+

Nell'insieme i risultati dei diversi modelli appaiono piuttosto coerenti tra loro. Nei modelli con interazioni, dove compaiono segni negativi per la dummy semplice, questi sono spesso controbilanciati da un segno positivo nell'interazione o viceversa (rivelando che l'interazione con il reddito o con il numero di componenti "modera" l'effetto catturato dalla dummy).

Rimangono invece enigmatici i segni negativi per impianti hi-fi e apparecchi per pulizia. Ovviamente è da considerare che, vista la significativa correlazione tra variabili, l'inclusione di tutti gli apparecchi comporta la perdita di significatività per alcuni di questi.

Il modello definitivo include in **D**: riscaldamento elettrico, boiler, cucine, lavastoviglie, condizionatori, macchine per cucire e personal computer.

Il modello è stimato senza il termine costante. Si può quindi considerare come livello "base" dei consumi, indipendente dalle apparecchiature, quello determinato dalla moltiplicazione di spesa complessiva, numero componenti e numero di stanze per i rispettivi coefficienti (col. 1): 0,3 cent per ciascun € di reddito, sommati a 3,3€ per ciascuna stanza dell'abitazione e a 6,86€ per ciascun abitante. A parità di alte condizioni, l'utilizzo del boiler elettrico comporta una spesa aggiuntiva di 16,07€, l'affidamento all'elettricità a scopo di riscaldamento 8,45€, il possesso di condizionatore 8,10€, personal computer e relative periferiche 2,63€, etc.

La significatività della stima di ciascun coefficiente è illustrata da valori e significatività del test T riportati in colonne 3 e 4, mentre la colonna 5 riporta i coefficienti standardizzati per tenere conto delle diverse unità di misura.

I valori monetari stimati attraverso il modello illustrato consentono di risalire ai quantitativi di energia elettrica relativi ad ogni apparecchiatura. Tali valori sono tradotti in kwh nella colonna 7, dividendo il parametro stimato per il valore di 0,1715 €/kWh, indicato dall'AEEG come prezzo lordo di 1 kwh per il 2009³⁷.

Tabella 7. Risultati della stima conditional demand

	Coefficiente stimato	Errore Standard	Test T	P>t	Coefficiente standardizzato	Stime in kwh	Stima risparmi potenziali (kwh)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(1)/.1715 €	(7)=(2)/.1715 €
R2=0.7227 Adj R2= 0.7226							
Spesatot	0.003	0.000	19.58	0	0.126	0.02	0.0008
Ncomp	6.864	0.170	40.27	0	0.255	40.02	0.9939
Stanze	3.291	0.114	28.74	0	0.144	19.19	0.6675
Riscaldamento	8.447	1.209	6.99	0	0.042	49.26	7.0486
Boiler	16.071	0.543	29.59	0	0.177	93.71	3.1671
Cucine	0.365	0.446	0.82	0.41	0.005	2.13	2.6017
Lavastoviglie	4.544	0.452	10.06	0	0.066	26.50	2.6327
Condizionatori	8.099	0.452	17.94	0	0.108	47.22	2.6330
m. cucire	0.966	0.431	2.24	0.03	0.013	5.63	2.5145
PC	2.625	0.469	5.6	0	0.038	15.31	2.7326

Da questa analisi si è tratta anche la stima di margini di risparmio massimo potenziale per le apparecchiature, sulla base dell'errore standard dei coefficienti stimati. La logica è che l'errore standard (ossia l'ampiezza dell'intervallo di confidenza della stima del coefficiente) costituisce una misura della variabilità del legame tra il possesso di un dato apparecchio ed i consumi ad esso connessi, ossia della variabilità delle modalità di utilizzo di quell'apparecchio o set di apparecchi (la variabilità è infatti anche dovuta al dato, non osservato, relativo al numero di apparecchi in ciascuna categoria). Pertanto l'errore standard può essere interpretato come stima dei risparmi ottenibili tramite modifiche di abitudini d'uso a parità di

³⁷ Per l'anno a cui si riferiscono i dati (2009) l'AEEG indica che il 56,7% dell'ammontare fatturato nella bolletta della famiglia "media" è la quota che corrisponde alla componente energia, e che considerando tutte le voci di costo di interesse per la tariffazione, il prezzo lordo nel I trimestre del 2009 viene stimato in 0,1715 €/kWh. Le quantità di energia attribuite in tabella 1 sono quindi direttamente ricavate in base al rapporto tra spesa (il parametro stimato) e prezzo unitario.

condizioni rispetto alle variabili controllate. Si tratta di una stima prudenziale, come si evince dai valori tradotti in kwh riportati in colonna 6. Sono state prese in considerazione vie alternative per la quantificazione dei margini di risparmio potenziale:

- Misurazioni dirette effettuate con misuratori applicati a diversi elettrodomestici: nel caso della lavatrice, effettuando cicli di lavaggio in condizioni standard, con modalità mirate al risparmio (ad es. a basse temperature), o particolarmente “disattente” (ad es. 2 lavaggi a mezzo carico anziché uno a pieno). Il vantaggio delle condizioni di “esperimento controllato” è però compensato dallo svantaggio in termini di scarsità di osservazioni ed eccessiva dipendenza da uno specifico set tecnologico.
- Un'altra possibilità è fornita dai base dati realizzata nell'ambito del progetto MICENE, del Politecnico di Milano (Di Andrea e Danese 2004) che si concentra sulla misurazione dei consumi elettrici di specifiche tipologie di apparecchio. Tale indagine descrive con grande ricchezza di dettaglio i consumi relativi a ciascuna categoria di apparecchio ma senza riferimento ad alcuna altra informazione di contesto (né relativamente al nucleo familiare, né alle caratteristiche dell'abitazione. Di conseguenza, la variabilità dei consumi osservata è di un ordine di grandezza superiore rispetto a quelle (decisamente conservative) ottenute con il metodo seguito qui, ma non sarebbe stato corretto interpretarle come risparmi ottenibili solo tramite modifiche comportamentali in quanto comprendono anche l'effetto di differenze strutturali (quali la numerosità familiare).

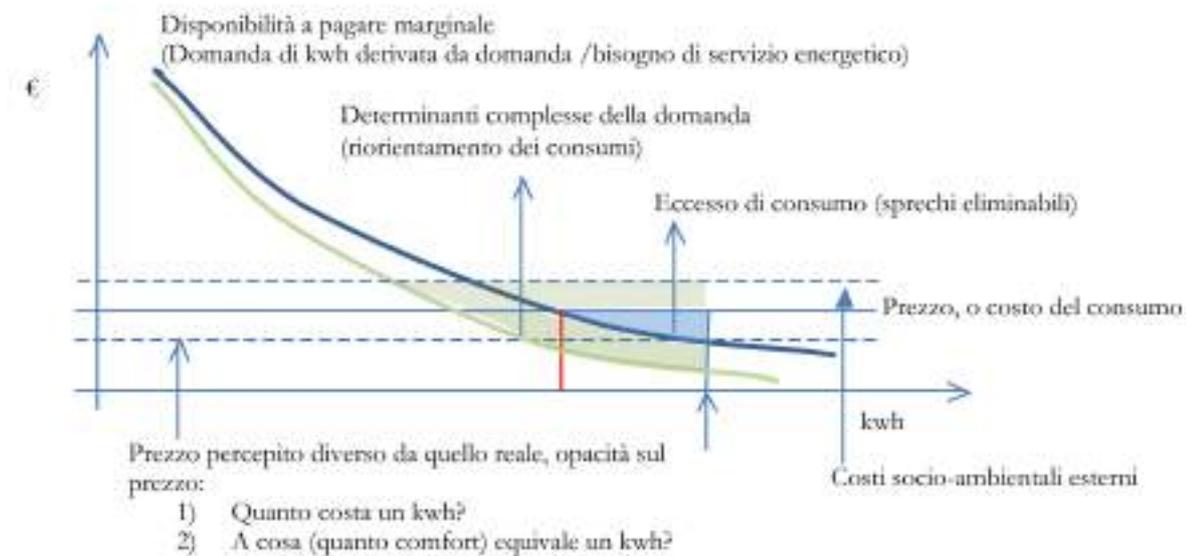
6.3 Conservazione energetica e teorie comportamentali

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:

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

Mentre la seconda finalità si inserisce nel quadro, sicuramente più complesso, delle determinanti e dei meccanismi che guidano più in generale la conversione in senso green del proprio stile di vita, il perseguimento della prima finalità potrebbe apparire una questione banale, se è postulata la razionalità dei consumatori. In Figura 15 è schematizzata l'interpretazione microeconomica della scelta della quantità da consumare, che avviene, secondo l'interpretazione neoclassica, attraverso un confronto tra prezzo dell'elettricità ed il livello di utilità attribuito ad unità aggiuntive di consumo, rappresentato dalla curva delle disponibilità a pagare marginale. La Figura 15 evidenzia (aree colorate) i potenziali target di conservazione energetica risultanti sia da a) – in azzurro – che da b) – in verdino.

Figura 15. Incertezza nella determinazione del livello ottimo di consumo di elettricità



Questi margini hanno origine in diversi aspetti:

- In primis, è da ricordare che la domanda di energia è derivata dalla domanda di (diversi) servizi energetici;
- Secondariamente, poiché la tariffazione è in genere posticipata ed aggregata non si ha contezza del consumo in una singola attività.
- Il prezzo dunque non è noto con precisione e certezza in due sensi: normalmente non si conosce il costo di un kwh e non si sa a cosa corrisponde un kwh in termini di servizio ricevuto/comfort prodotto/bisogno soddisfatto.
- È dunque probabile che si verifichino sprechi, inefficienze “tecniche” nel senso di utilizzo di quantitativi eccessivi di energia per ottenere servizi che ne richiederebbero meno.
- La domanda di servizi energetici è modellata da molteplici aspetti, valori, status, norme sociali
- Infine qualora si prendano in considerazione – e stiano a cuore – i costi esterni, che ricadono sull’ambiente o sulla società o sulle generazioni future, si apre lo spazio a un’ ulteriore aspirazione a contenere il consumo

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:

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

■ 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 trasmissione di informazione: 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), e sottolinea come l'interpretazione del sapere scientifico sia mediata da esperienze personali e da valori sociali (Lorenzoni et al. 2007).

In generale si evidenzia un gap significativo tra informazione, coscienza ambientale, e comportamenti. 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 famigliari 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);

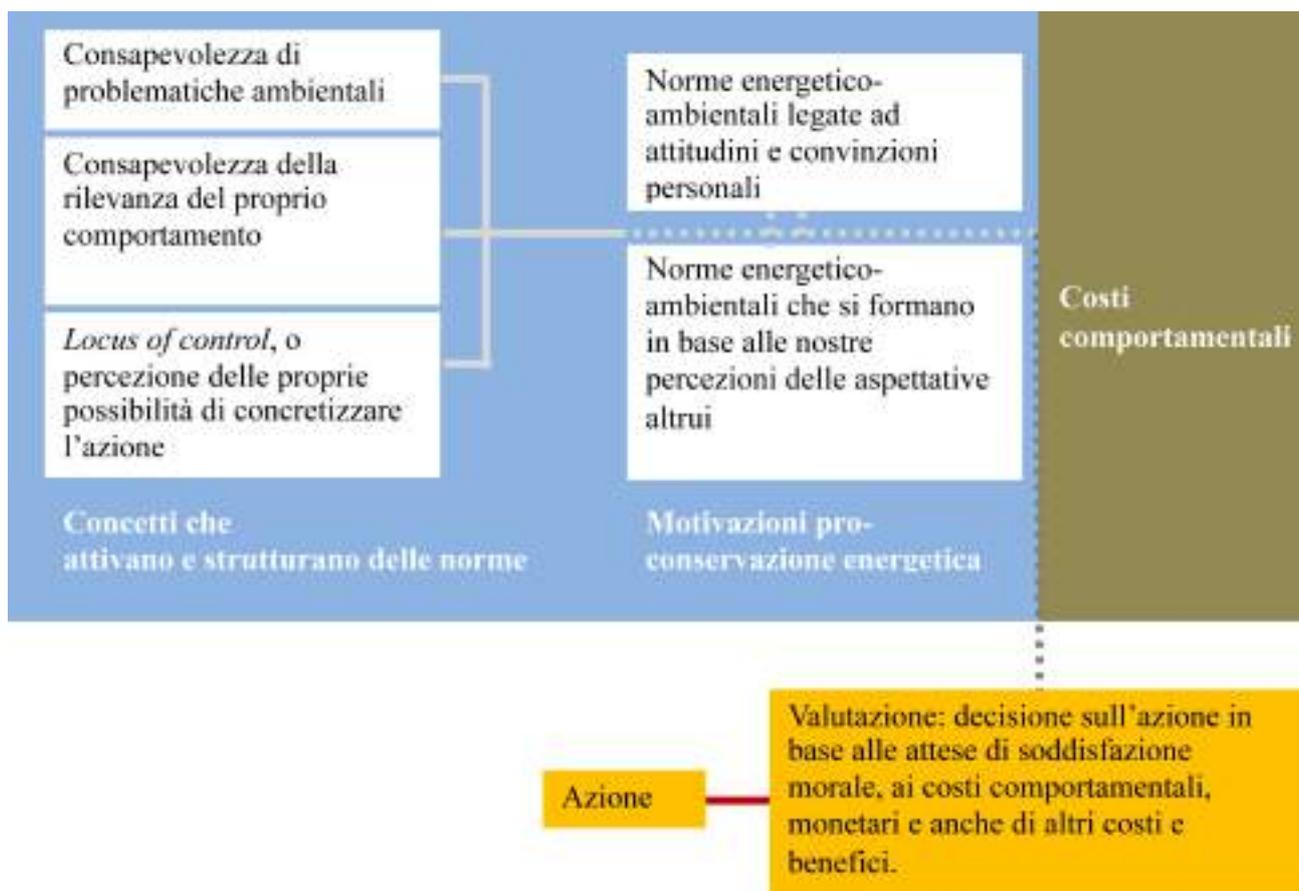
Una delle interpretazioni avanzate per spiegare i suddetti gap è la teoria di costi comportamentali avanzata da Diekmann e Preisendörfer (2003) secondo cui l'impatto degli orientamenti sui comportamenti è più significativo se i costi comportamentali legati alla modifica del comportamento sono bassi (ad 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 un scelta di tipo razionale classico. Un altro aspetto messo in evidenza da Diekmann e Preisendorfer è come le azioni ambientali a basso costo comportamentale (tipicamente, la raccolta differenziata) vengono usati 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 come in Lorentz e Woersdorfer (2009) 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).

Rimandando, per una rassegna della letteratura recente e decisamente dettagliata, al lavoro di Kollmuss e Agyeman, e ad un successivo contributo (Fisher, 2008) che tratta il tema del riorientamento dei consumi energetici con un focus sull’elettricità, proponiamo lo schema di Figura 16. E’ una nostra interpretazione sintetica e stilizzata di alcuni meccanismi che abbiamo colto da questa rassegna di contributi psicologici e sociologici, e che proporremo, più avanti, nella costruzione del modello ad agenti.

Figura 16. L’euristica dei comportamenti di consumo orientati verso la sensibilità ambientale



Fonte: rielaborazione degli autori, da Dieckmann e Preisendorfer, 2003 e Fisher, 2008

Lo schema in figura 16 propone una visione possibile di come l'ambiente naturale e sociale contribuisca a riscrivere le nostre modalità di utilizzo dell'energia in ambito domestico: potrebbe essere assimilata ad un fenomeno autopoietico, in cui le regole che determinano le azioni di consumo energetico dell'individuo vengono scritte (e ridefinite continuamente), facendo variare il modo in cui gli individui considerano la scomodità (costi comportamentali) o le motivazioni di un consumo orientato alla conservazione energetica e alla sostenibilità.

L'individuo è a sua volta coinvolto in relazioni che si strutturano su molteplici livelli gerarchici: famiglia, cerchie amicali, comunità locali o entità sociali e territoriali di più ampia portata (il livello di governo che regola il settore energetico è identificabile con quello nazionale).

Definiamo qui il concetto di interazioni orizzontali, che adatteremo più avanti nella descrizione del modello ad agenti: le interazioni dirette e locali, che passano per una rete di relazioni interpersonali, come quelle che si costruiscono all'interno di una cerchia comunitaria ad una scala locale, (amicale/familiare), in grado di indurre norme comportamentali che riguardano la conservazione energetica. Si tratta quindi di relazioni che comportano quindi una esperienza ed una conoscenza diretta di ciò che gli altri fanno e ciò che gli altri pensano.

Relazioni od interazioni verticali saranno invece intese come quelle che si strutturano tra un ambito micro ed uno macro, cioè con un setting istituzionale che va oltre la dimensione locale (le utilities, la regolamentazione nazionali degli incentivi all'efficienza energetica, i comportamenti di consumo di gruppi sociali più ampi), elementi che potremmo più identificare con interazioni con istituzioni.

Poiché indagare il ruolo delle reti relazionali spontanee nella diffusione di modifiche comportamentali costituisce la finalità principale del modello ad agenti, anche nell'analisi di scenario relativo alle interazioni verticali verrà posta attenzione alla sensitività dei risultati delle policy alla densità di relazioni orizzontali.

6.4 Iniziative per la conservazione energetica in ambito domestico

Le policy di conservazione energetica che puntano a riorientare le abitudini e le pratiche dei consumatori si basano sul presupposto che gli individui, nel consumare elettricità, hanno scarse possibilità di pesare la rilevanza dei propri comportamenti, in termini di costi energetici, ambientali e sociali: più chiaro è il legame tra attività svolte in ambito domestico, ed utilizzo di singole apparecchiature, maggiore è la rilevanza che le persone attribuiscono ai propri comportamenti e quindi la probabilità di modificarli. L'idea di stimolare un riorientamento dei profili di consumo attraverso feedback informativi, nell'ambito dei consumi domestici non è recente. L'interpretazione teorica dei meccanismi attivati dai feedback fa emergere tre principali elementi (van Raij e Verhallen, 1983; van Houwelingen e van Raij):

- Una funzione di apprendimento, attraverso l'informazione su prezzi e quantità;
- Una funzione di costruzione di abitudini (la persistenza e continuità permette di consolidare modalità di consumo orientate alla conservazione energetica):
- Una ridefinizione delle proprie attitudini: le attitudes sono interpretate, nelle teorie comportamentali, come un driver delle azioni, ma è anche vero il contrario, nel senso che l'esperienza ripetuta dei propri comportamenti influenza a sua volta la consapevolezza e vengono riscritte ed interiorizzate nuove attitudes come l'attenzione verso le conseguenze ambientali e la sostenibilità energetica dei propri consumi.

Alcuni field experiment (Stern e Aronson, 1984; Pallak et al., 1989) hanno fornito evidenza empirica dell'efficacia, in termini riduzioni dei consumi elettrici, dei feedback informativi sui propri consumi. Arvola (1993) ha invece rilevato come la possibilità di effettuare comparazioni intertemporali migliorasse la capacità dei consumatori di incrementare il livello di conservazione energetica, identificando la collocazione temporale dei picchi di consumo. Il consumo di energia elettrica, secondo le interpretazione di questi primi studi, avviene sistematicamente in una condizione di deficit informativo, per cui le implicazioni di policy che emergono da questi primi lavori è che la conservazione energetica possa essere indotta semplicemente attraverso feedback informativi. Questi primi lavori non presentano un costrutto teorico che integra spiegazioni economiche (il peso degli incentivi finanziari al risparmio energetico, lo status socioeconomico) con altre componenti sociologiche (percezioni sui sistemi di norme sociali, attitudini e sensibilità verso problemi ambientali). Un primo studio che segnala l'opportunità di strutturare analisi empiriche della conservazione energetica secondo ipotesi e costrutti teorici interdisciplinari è quello di Brandon e Lewis (1999), che esplicitamente focalizzano il legame tra comportamenti individuali e problemi ambientali globali in relazione al consumo di elettricità. Lo studio propone una survey che integra elementi quantitativi e qualitativi, sui comportamenti quotidiani delle persone e sulle azioni a favore dell'ambiente svolte dagli intervistati ed usate come proxy dell'attitudine/interesse verso il tema della sostenibilità ambientale.

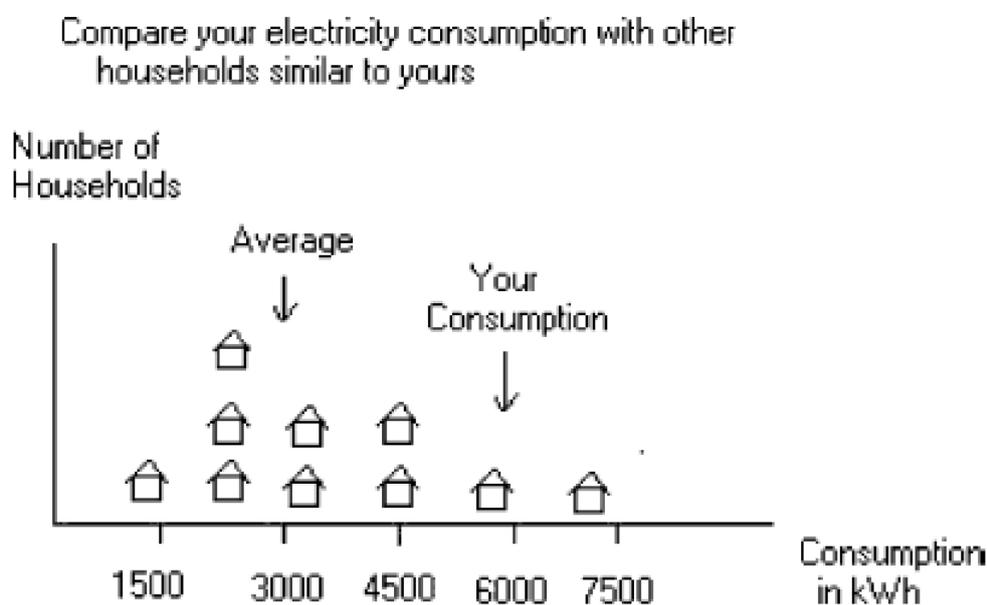
Sarah Darby, all'interno di un'ampia rassegna sul tema che include 38 implementazioni di politiche di feedback tra Stati Uniti e paesi europei, propone una tassonomia delle misure basate su feedback, che comprende (Darby, 2006):

- feedback diretti, richiesti espressamente dai consumatori, che informano sui costi e sui consumi. Sono quei dispositivi che forniscono informazioni sui consumi aggregati del nucleo familiare o sui consumi di singole apparecchiature:
 - auto-letture di contatori evoluti (i cosiddetti 'smart meters');
 - misuratori su singole prese elettriche;
 - feedback interattivi via PC, che consentono di monitorare e/o di accendere/spegnere elettrodomestici;
 - tariffe prepagate (Pay-as-you-go) che prevedono la tariffazione dell'elettricità con pagamento anticipato in base alle previsioni di consumo;
 - dispositivi di monitoraggio ambientale (segnalano, ad esempio, variazioni di temperatura esterna che rendono inutile raffreddare o raffrescare gli ambienti);
 - misuratori del consumo elettrico integrati negli elettrodomestici;
- feedback indiretti, cioè dati processati dai distributori di energia elettrica, e che si configurano in diverse possibili forme:
 - bollette più frequenti
 - bollette ad elevata frequenza arricchite con una comparazione storica (che consentono di evidenziare la dinamica temporale dei consumi di un nucleo familiare e di identificare periodi di consumo anomalo).
 - bollette con informazioni comparative sui consumi di altri nuclei familiari, che permettono al consumatore (feedback descrittivi, o descriptive norms) di definire e confrontare la propria posizione rispetto ad un gruppo/comunità di appartenenza; è inoltre dimostrato (Wilhite et al., 1999) che le persone sono sensibili alla natura normativa dei feedback. Con l'espressione normative o injunctive norms indichiamo quei feedback indiretti, si configurano in modo esplicito come segnali di incorag-

giamento/premio a performances più rilevanti, o viceversa di disapprovazione.

- feedback controllati dai distributori, dati sui comportamenti aggregati delle utenze, come il carico elettrico richiesto nelle diverse ore della giornata. Le possibilità offerte dai contatori di nuova generazione (smart metering) dovrebbero consentire una comunicazione bidirezionale sulla rete tra utenti e utility. In teoria, questo dovrebbe consentire un a più razionale gestione del servizio, offrendo alle utility maggiori possibilità di prevedere quando si verificano picchi di domanda, ma anche quando eventualmente prevedere una riduzione controllata della potenza fornita.
- attività di auditing energetico, monitoraggi, ad esempio su abitazioni o interi edifici, per valutarne le prestazioni ambientali in termini di isolamento termico, fabbisogni energetici, o per la valutazione di indicatori (carbon footprint, ecological footprint, ...).

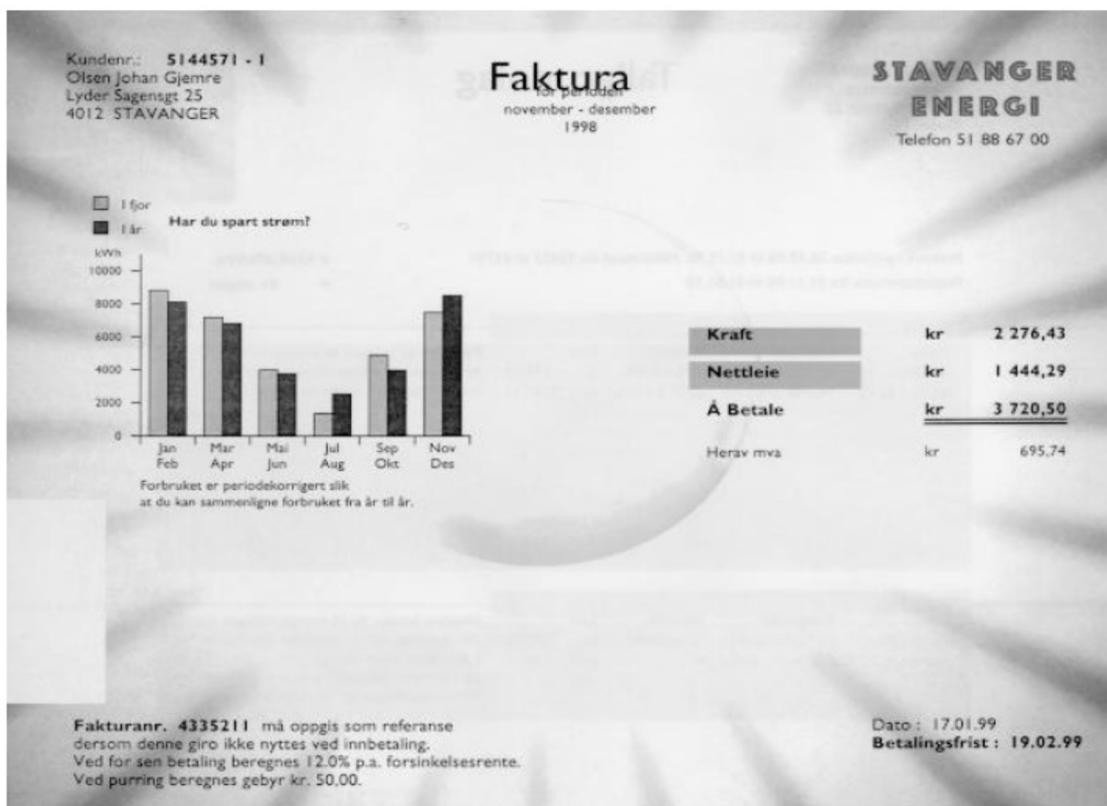
Figura 17. Esempio di feedback che illustra la distribuzione dei consumi di una popolazione di riferimento, riportando la posizione del nucleo familiare destinatario del feedback (descriptive norms)



Fonte: Wilhite et al., 1999

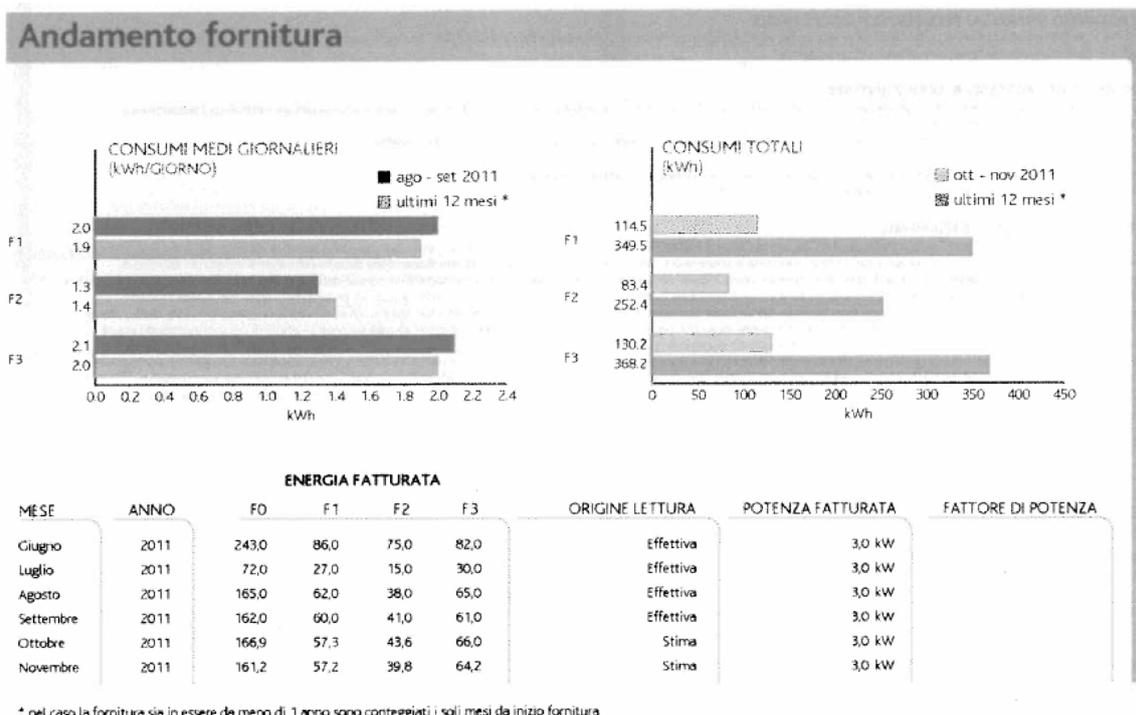
Le due principali raccolte di valutazioni ex post di programmi basati su feedback informativi segnalano rispettivamente valori massimi di riduzione dei consumi elettrici del 20% (Darby, 2006) e del 14% (Fisher, 2008), con risultati dei feedback diretti che si concentrano nell'intervallo 5-15%, mentre quelli dei feedback diretti si collocano tra 0 e 10%. I singoli casi studio esaminati prevedevano una comparazione tra variabili risultato (consumi, soddisfazione, ecc.) misurate su gruppi di trattamento e di controllo, senza però considerare differenze imputabili a caratteri di status socioeconomico, e legati alla dotazione e tipologia di apparecchiature. Fisher sottolinea come il fatto che i feedback siano in grado di catturare l'attenzione e di stimolare un processo di apprendimento dipenda molto dalla modalità comunicativa, che influenza leggibilità e sforzo cognitivo. Nella Figura 18 riportiamo la riproduzione della prima pagina di una fattura che esemplifica un feedback implementato in Norvegia (Wilhite et al., 1999) che riporta nel grafico a barre nella parte sinistra la serie storica dei consumi mensili, offrendo una comparazione tra l'anno in corso (barre scure) e quello precedente (barre chiare). Tale modalità di visualizzazione permette al consumatore di valutare il proprio comportamento in termini di consumi (e risparmi).

Figura 18. Esempio di feedback di un distributore norvegese



Fonte: Wilhite et al., 1999

Figura 19. Esempio di feedback attualmente fornito da un distributore italiano



Le modalità attraverso cui il viene veicolata l'informazione nelle policy di feedback sono rilevanti, e ne condizionano l'efficacia. L'esempio della Figura 19 chiarisce come possa essere molto diverso lo sforzo cognitivo richiesto al consumatore a cui è diretta questa fattura (emessa da un grande distributore nazionale): il feedback è collocato nell'ultima pagina, con grafici a barre e dati in forma tabellare dei consumi che si articolano sulle 3 fasce orarie stabilite dall'Autorità per l'energia elettrica e gas (AEEG). È intuibile che attrarre l'attenzione ed interessare il destinatario del feedback non sono i criteri che guidano, in questo secondo caso, lo stile della comunicazione

Un elemento interessante, purtroppo trascurato nella maggior parte degli studi di valutazione ex post delle policy di feedback, riguarda proprio il fatto che la capacità di stimolare un processo di apprendimento dipende anche dalla modalità della comunicazione e dalla facilità di lettura.

Ulteriori limiti dei lavori empirici sugli impatti di queste policy sono rappresentati dalla ridotta numerosità campionaria, con una rappresentatività locale e attraverso disegni di valutazione non standardizzati.

Anche le caratteristiche delle policy (ampiezza bacino di utenti cui l'iniziativa è rivolta, frequenza dei feedback, tipologia, livello di dettaglio, supporto mediatico della comunicazione, combinazione con altri strumenti) sono estremamente eterogenee ed è probabile che il successo di tali campagne dipenda effettivamente da un insieme complesso di fattori, di cui è difficile identificare il ruolo in modo netto. Un'applicazione giapponese, che esamina il caso di un software gestito da distributori ed in grado di fornire un'ampia gamma di feedback (Ueno et al., 2006) segnala che le tipologie di feedback cui i consumatori si sono maggiormente interessati sono proprio quelli che si basano sull'attivazione di norme sociali, e che prevedono quindi il confronto interpersonale di consumi (una visualizzazione del layout del software è proposta in Figura 20).

Lo studio più aggiornato, che abbiamo considerato come caso di riferimento più rilevante allo scopo di disegnare tipologie di policy da inserire nel modello di simulazione, è quello di Allcott (2011). Questo studio 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 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. L'impatto medio rilevato dallo studio è stata una riduzione media del 2% dei consumi elettrici, che risultava però differenziata in base rispetto al livello iniziale di consumi (con impatti quasi nulli sul primo decile di consumi iniziali e massimi su chi partiva da consumi elevati).

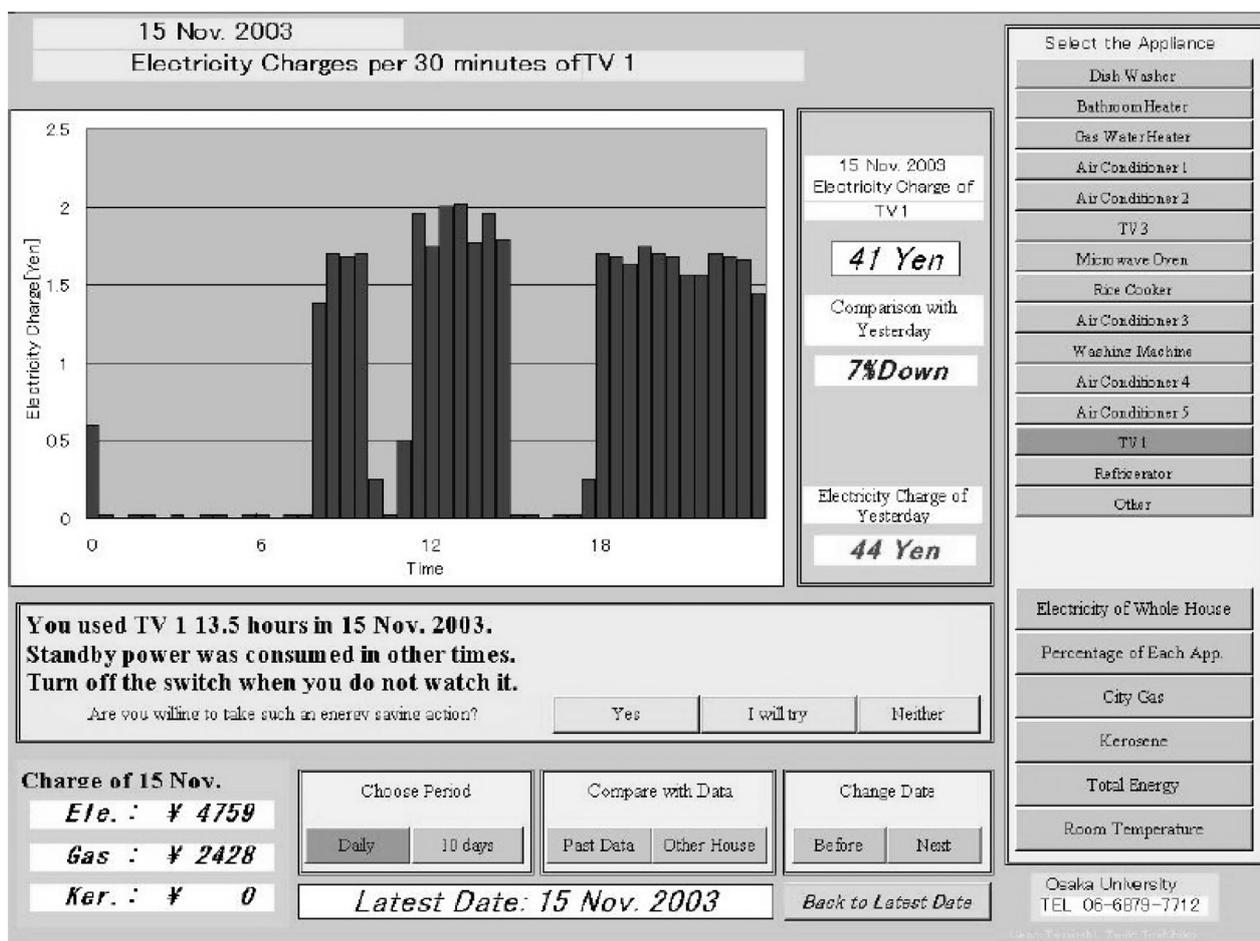
Allo scopo di valutare l'effetto della policy, sono stati realizzati trattamenti differenziati, utilizzando campioni di trattamento e di controllo, e i risultati dello studio sono validati da una dimensione campionaria considerevole (circa 600.000 famiglie). Lo studio testimonia quindi l'esistenza di 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.

Il secondo tipo di iniziativa implica invece la presenza di un'interazione diretta tra gli agenti, in grado di attivare meccanismi di imitazione di buone pratiche, e di apprendimento. Pensando all'esperienza dei

gruppi di acquisto solidale (GAS) o dei cosiddetti 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) quali i certificati di risparmio ed efficienza energetica (In Italia i certificati bianchi) che le famiglie di norma potrebbero far valere non singolarmente, ma attraverso un'opera di coordinamento da parte di imprese, le ESCO (Energy Service Companies). Tra queste, AzzerCO2 (Realacci, 2012) 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, si caratterizzano per la presenza di soggetti dotati di una struttura organizzativa, con un'attenzione dedicata in modo specifico alle quantità di energia risparmiate, e alle modifiche comportamentali necessarie per ottenere tali risparmi.

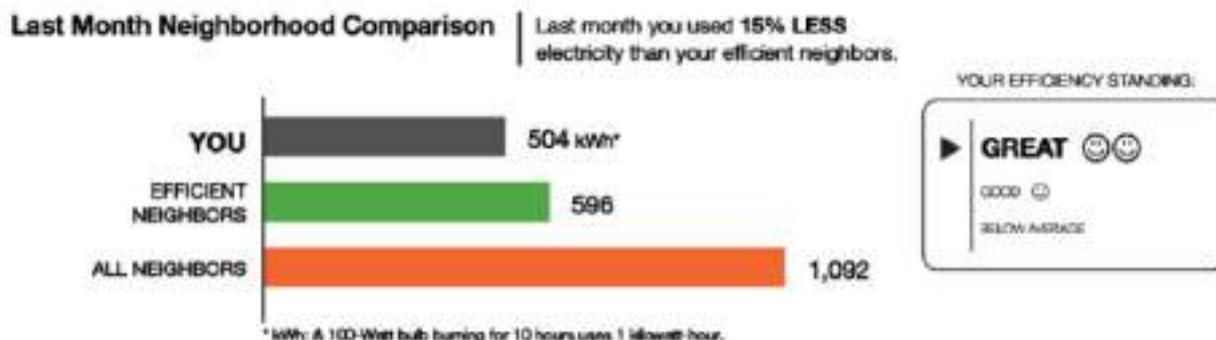
Per semplicità, indicheremo nel seguito queste tipologie di iniziativa con il termine community-based. Le famiglie che vi aderiscono riconoscono in modo più esplicito e spontaneo l'esigenza di ridurre i propri consumi di elettricità.

Figura 20. Feedback sui consumi energetici della campagna



Fonte: Ueno e Sano, 2005

Figura 21. La bolletta OPOWER da al consumatore la possibilità di operare un confronto tra il suoi consumi (in nero), ina comparazione sociale complessiva (in rosso, la media dei consumo 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

Figura 22. I consigli per il risparmio energetico contenuti nella bolletta OPOWER

Action Steps | Personalized tips chosen for you based on your energy use and housing profile

Quick Fixes
Things you can do right now

Adjust the display on your TV
New televisions are originally configured to look best on the showroom floor—at a setting that’s generally unnecessary for your home.

Changing your TV’s display settings can reduce its power use by up to 50% without compromising picture quality. Use the “display” or “picture” menus on your TV: adjusting the “contrast” and “brightness” settings have the most impact on energy use.

Dimming the display can also extend the life of your television.

SAVE UP TO \$40 PER TV PER YEAR

Smart Purchases
Save a lot by spending a little

Install occupancy sensors
Have trouble remembering to turn the lights off? Occupancy sensors automatically switch them off once you leave a room—saving you worry and money.

Sensors are ideal for rooms people enter and leave frequently (such as a family room) and also areas where a light would not be seen (such as a storage area).

Wall-mounted models replace standard light switches and they are available at most hardware stores.

SAVE UP TO \$30 PER YEAR

Great Investments
Big ideas for big savings

Save money with a new clothes washer
Washing your clothes in a machine uses significant energy, especially if you use warm or hot water cycles.

In fact, when using warm or hot cycles, up to 90% of the total energy used for washing clothes goes towards water heating.

Some premium-efficiency clothes washers use about half the water of older models, which means you save money. SMUD offers a rebate on certain washers—visit our website for more details.

SAVE UP TO \$30 PER YEAR

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

Fonte: Allcott, 2011

6.5 Modelli ad agenti ed analisi di scenario.

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 permette di partire dalla definizione in senso astratto di relazioni e regole comportamentali degli agenti economici, consentendo di trattare l'eterogeneità, e di tenere conto dell'interazione tra individui (famiglie) e contesto ambientale ed istituzionale, che può essere formalizzabile attraverso operatori logici ed equazioni.

Gabriellini (2011) propone una classificazione dei possibili ruoli e funzioni dei modelli di simulazione ad agenti basata sulla natura delle formule che descrivono le componenti del processo sociale oggetto della simulazione:

- se queste 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:

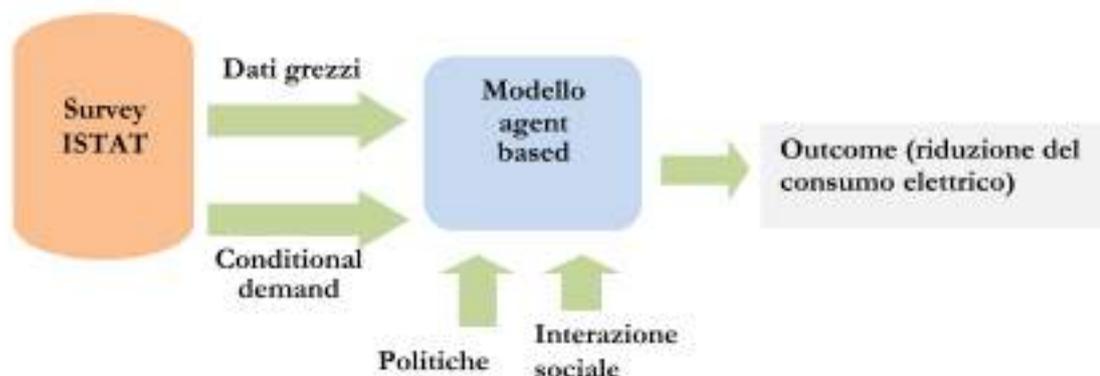
- da un lato c'è l'ambizione a quantificare la conservazione ottenibile da una data popolazione in diversi scenari di contesto e di policy
- dall'altro l'interesse a esplorare qualitativamente le dinamiche del sistema e la loro sensibilità a diversi parametri (in articolare quelli che non è stato possibile calibrare su dati empirici).

6.5.1 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 (tramite l'acquisizione di nuova tecnologia incorporata in nuove apparecchiature) o svolgere autonomamente a tecnologia costante. In questo secondo caso, nel modello gli agenti ottengono un certo livello di risparmio energetico in funzione:

- della composizione del set di tecnologie, cioè del parco di elettrodomestici (vincolo ai risparmi potenziali);
- 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;
- di una base motivazionale, cioè l'intenzione, l'aspirazione a risparmiare 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;
- di effetti di apprendimento, cioè lo sviluppo graduale di una capacità crescente di tradurre l'intenzione (motivazione) in azione concreta.

Figura 23. 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 (ISTAT, 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, per attribuire ad ogni diversa appliance posseduta dal nucleo familiare, attraverso una analisi econometrica (conditional demand, secondo l'approccio proposto da Parti e Parti, 1980) una quota del consumo.

6.5.2 Gli agenti

Quanti sono gli agenti: 2222 nuclei familiari, cui sono attribuite le caratteristiche del gruppo di famiglie residenti in Piemonte nel campione ISTAT dell'Indagine sui consumi delle famiglie, anno 2009 (numero totale di osservazioni :23005). 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.

Caratteristiche degli agenti: gli agenti, come accennato, ereditano alcuni attributi dalle osservazioni del campione ISTAT, che abbiamo usato anche per le analisi descrittive dei consumi elettrici nel contesto na-

zionale e regionale (parte 4.2). Sono, in Figura 23, i dati grezzi:

- la spesa complessiva del nucleo familiare, rappresentato dalla spesa totale (quella che all'interno del dataset include una somma comprensiva di tutte le possibili voci di spesa, eccetto quelle relativi ad investimenti per beni immobiliari, ossia mutui e alla restituzione di prestiti). Questa variabile si può considerare una buona proxy del reddito, più fedele al vero di altre possibili fonti.
- la spesa per elettricità, cioè il valore mensile comprensivo di tutte le voci della bolletta familiare relativa all'abitazione principale.
- il consumo espresso in kwh, ricavato come rapporto tra la variabile precedente (spesa) ed un indicatore di prezzo unitario (0,1715 €/kwh) che comprende la quota energia e tutte gli altri costi della fornitura.
- una variabile che identifica la tipologia di nucleo familiare, in base alla classificazione ISTAT già richiamata nella sezione 4.2.
- Numero di componenti del nucleo familiare.

Numero di stanze dell'abitazione principale.

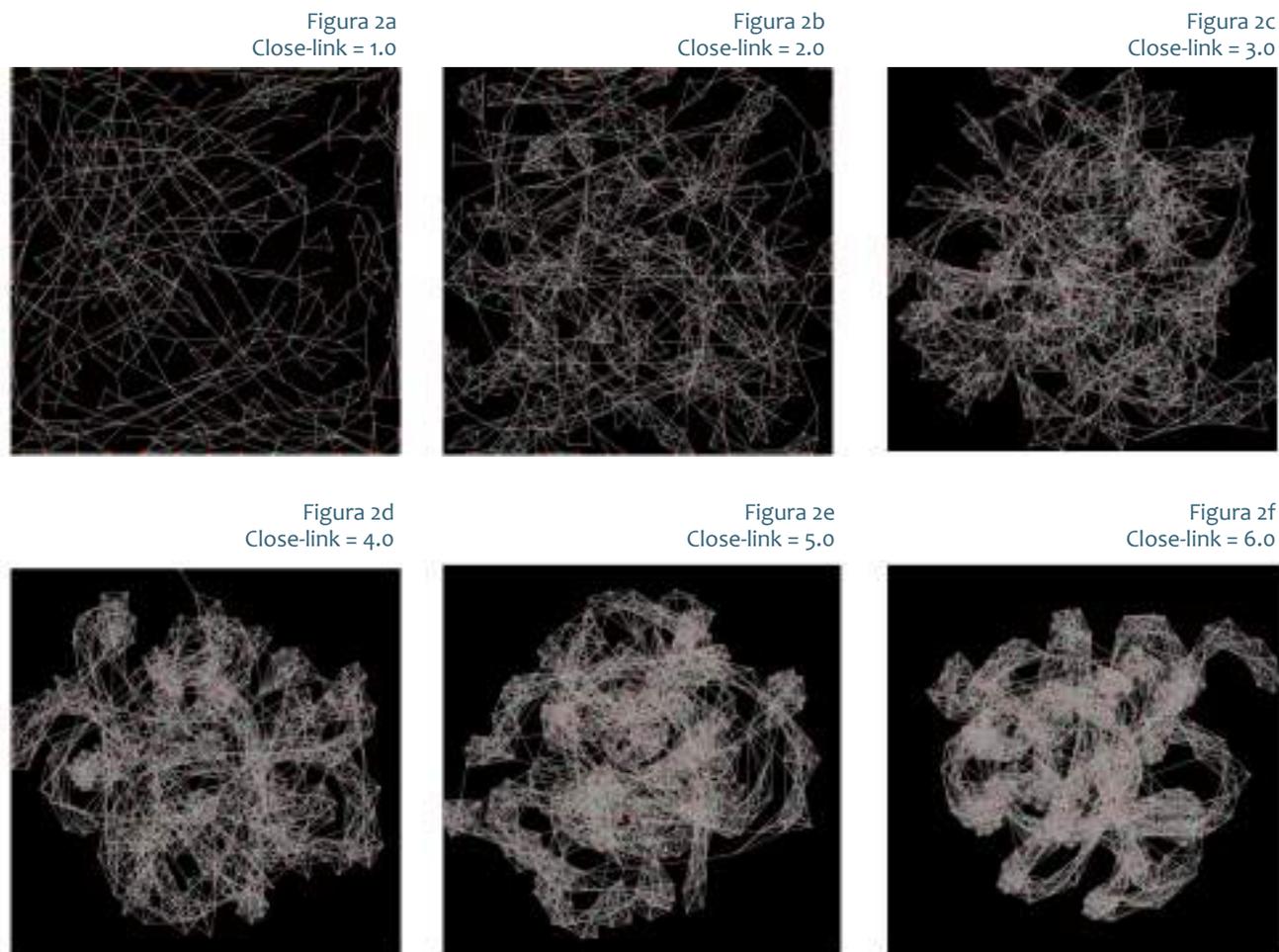
- Il possesso dei seguenti elettrodomestici, per ciascuno dei quali viene quindi codificata una variabile dicotomica che vale 1 se posseduto dal nucleo familiare, o altrimenti:
 - apparecchi per la riproduzione audio/video
 - riscaldamento elettrico
 - aspirapolvere e apparecchi per la pulizia
 - boiler per acqua sanitaria
 - lavatrice
 - lavastoviglie
 - frigo o congelatore
 - personal computer e periferiche
 - televisore
 - condizionatore d'aria
 - termoconvettori o cappe aspiranti,
 - cucine elettriche
 - macchine da cucire.
- il numero totale di apparecchi elettrici posseduti dal nucleo familiare.

Come viene costruita la rete di relazioni: 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: esiste cioè una quota maggioritaria di relazioni omofile tra agenti che si somigliano, ed una quota minoritaria di relazioni tra agenti che si combinano in modo casuale. Nel nostro caso gli agenti tendono a costruire relazioni con altri agenti più simili a loro per reddito e numero di componenti del nucleo familiare: il parametro close-links regola la numerosità di relazioni omofile, mentre il parametro random-links regola quelle stabilite casualmente.

Più precisamente, nel setup di ogni simulazione, il programma impone che venga creato un numero complessivo di link omofili pari a $\text{close-links} * 2222$ (numero totale di famiglie): in questo modo il parametro viene a rappresentare un numero medio di relazione omofile attribuite a ciascun agente. I due parametri close-links e random-links congiuntamente regolano la numerosità di relazioni personali complessive (omofile e

non), cioè il livello di connettività della rete. Nelle 6 pannelli di Figura 24 sono illustrati esempi di reti sociali, strutturate secondo un crescente livello di connettività.

Figura 24. Esempi di rete sociale a diverso livello di connettività



6.5.3 Le 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 sé, il cui livello dipende da alcuni fattori:

- la motivazione è l'intensità dell'intenzione ad agire, ed è intesa nel senso più ampio, che abbraccia diversi dei concetti passati in rassegna nella sezione 6.3: obiettivi di risparmio finanziario, consapevolezza ambientale o sociale, convinzione della rilevanza delle proprie azioni...;
- i costi comportamentali rappresentano le barriere che riducono la portata del risultato (cioè la scomodità, sia intesa come riduzione di comfort derivato dai servizi energetici sia come fatica implicata dal rinunciare ad un comportamento abituale e adattarsi a nuove pratiche);
- soglie specifiche di risparmio potenziale, determinate dalla composizione del parco di elettrodomestici (che costituiscono qui opportunità di risparmio oltre che di consumo, la cui entità è stata stimata tramite l'analisi conditional demand illustrata in sezione 6.2.3), dalla dimensione dell'abitazione e dal

numero di componenti del nucleo familiare (che rappresentano le opportunità di risparmio per quei servizi e quelle apparecchiature non modellate direttamente dalla nostra stima);

■ 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. Aniché 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. Anche i costi comportamentali, analogamente alla motivazione, sono attribuiti in modo random, secondo una distribuzione uniforme a ciascuna famiglia per ciascun elettrodomestico. 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 demand³⁸.

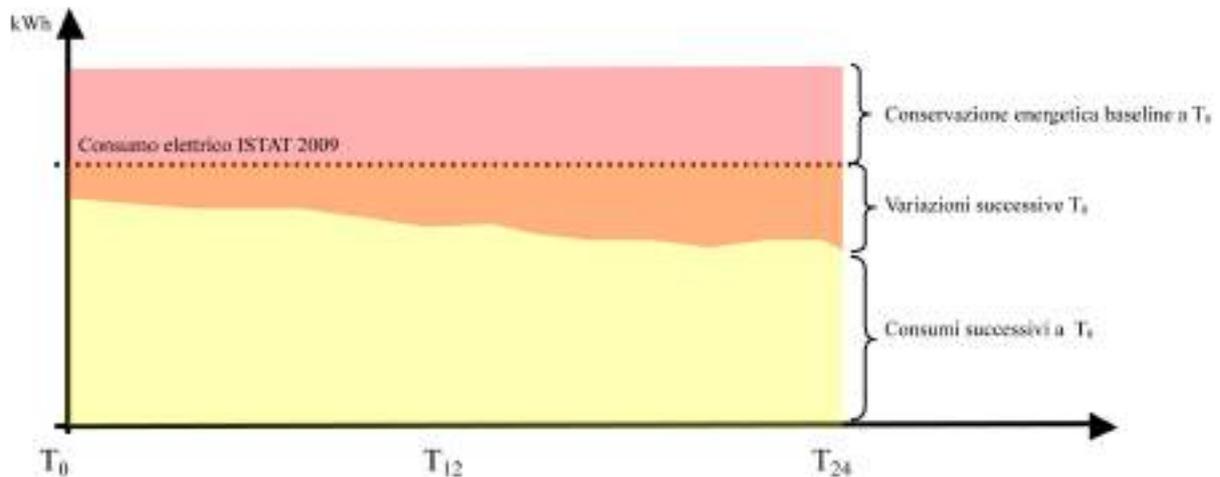
$$[1] \quad P_{ij} = \sum_1^J a_j \cdot S_j \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-c_{ij} + \beta m_i}} \right) + \varepsilon_{ij}$$

La [1] viene intesa come somma dei risparmi energetici realizzati dal nucleo familiare nell'arco di un mese (dal momento che gli S_j sono stime del consumo mensile). Questa somma viene iterativamente calcolata per mensilità successive, e nella nostra simulazione consideriamo un periodo di 24 mesi.

La conservazione energetica viene rappresentata nel modello come un processo di apprendimento, e la forma funzionale prescelta (una logistica) implica che incrementi iniziali della motivazione abbiano, in termini di risparmio energetico, rendimenti crescenti, che vanno via via riducendosi verso un potenziale di risparmio massimo definito, per ogni apparecchiatura, da S_j . (in senso teorico una soglia minima di assorbimento di energia al di là della quale il consumatore non si spinge). Nel nostro caso, i valori numerici di S_j ricavati dall'analisi di regressione possono essere considerati come target decisamente poco ambiziosi, raggiungibili con piccole modifiche comportamentali che non implicano delle rinunce radicali.

³⁸ In questo caso, i risultati della conditional demand identificano una distribuzione di valori per il consumo di ogni elettrodomestico. Per identificare un valore del risparmio potenziale massimo abbiamo utilizzato un criterio statistico. Attorno alla stima puntuale 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 prudentiale: cambiamenti comportamentali (o tecnologici) consentirebbero di superare i margini stimati; l'impostazione scelta è quella di assumere tecnologia costante e, almeno inizialmente, una soglia di risparmio potenziale prudentialmente ridotta.

Figura 25. Dinamica dei consumi



Nel funzionamento della simulazione, la dinamica del fenomeno (conservazione energetica) viene ricavata da reiterazioni, una sequenza di round in cui gli agenti tengono conto degli eventi precedenti, in base ad un pacchetto di regole definite. Nel nostro caso, alcuni parametri caratteristici rimangono invariati, altri invece dipendono proprio dagli esiti dei round precedenti e dal fatto che gli agenti interagiscono con altri agenti (interazione sociale) e con il contesto istituzionale (le policy di risparmio energetico o le iniziative, definite sotto).

In particolare, è la motivazione che evolve, cambiando valore in ciascun round in base all'interazione sociale (effetti imitativi) e/o agli stimoli ricevuti dalle policy e dal coinvolgimento in iniziative nel round precedente, e guida così la dinamica temporale del risparmio energetico.

Assumiamo, attraverso la [1] che le famiglie già all'inizio della simulazione siano caratterizzate sia da un livello di motivazione che da costi comportamentali che frenano la conservazione energetica, e che quindi il valore dei consumi rilevati dall'indagine ISTAT sia già frutto di un livello baseline di conservazione energetica. Ciò che consideriamo come impatto è la differenza tra i risparmi conseguiti ad ogni reiterazione successiva della simulazione, e questo livello baseline calcolato nell'inizializzazione del modello in base ai parametri iniziali (Figura 25).

Passiamo ora a illustrare in dettagli le tre dinamiche della motivazione prese in considerazione:

■ **Interazione sociale:** un primo obiettivo del modello è quello di esplicitare il fatto che le persone cambiano e ridefiniscono le proprie motivazioni attraverso l'interazione sociale. Possiamo considerare che il conformarsi ad una norma sociale di riferimento (consumare meno elettricità, usare meglio) arrivi ad essere interiorizzata (e quindi a motivare) come risultato di un confronto interpersonale. In questo senso, il confronto avviene in base all'osservazione di ciò che gli altri fanno (il come si usano gli elettrodomestici o quanto consumano altri) e/o di ciò che gli altri pensano (il fatto che sia un valore condiviso il considerare come giusto ed apprezzabile il contenere le conseguenze ambientali del consumo di energia elettrica). La motivazione degli agenti, nella simulazione, viene modificata dall'interazione sociale in modo simmetrico sia in senso positivo che negativo. Ipotizziamo che in ogni singolo round solo una quota degli agenti attui tale comportamento imitativo (non sono sempre gli stessi nei round successivi). Il modello viene poi iterato con diversi valori di tale parametro per testare la sensibilità degli esiti in termini di conservazione energetica. Famiglie che hanno la possibilità di confrontare il proprio

livello di consumo con quello medio dei nuclei appartenenti alla cerchia di relazioni dirette, se si trovano ad essere meno virtuose, aumentano la loro motivazione; viceversa, nel caso si trovino ad avere consumi superiori a questa media locale, riducono la motivazione. Questa quota di imitatori aggiorna il livello della propria motivazione, a seguito della comparazione sociale coi propri “vicini”(link-neighbors).

Per gli agenti imitatori con un consumo elettrico (c) inferiore alla media locale ($m_{link-neighbors}$)

$$[2] \quad \text{Se } c > m_{link-neighbors} \quad m_{t+1} = m_t (1+k)$$

Ove k è un fattore che dipende dalla distanza (in percentuale) tra c ed il livello medio dei consumi dei link-neighbors ($m_{link-neighbors}$), da un fattore π (un parametro che rappresenta la sensibilità alla comparazione sociale) e da μ (variabile casuale con distribuzione uniforme, compresa tra 0 e 1) che smorza e diversifica in modo casuale questo incremento di motivazione indotto dall'emulazione:

$$[3] \quad k = \pi \mu (c - m_{link-neighbors}) / c.$$

Gli agenti che hanno un livello di c inferiore alla media locale riducono la propria motivazione in modo simmetrico, sempre secondo la [2] e la [3].

■ **Policy I&D:** analogamente all'interazione sociale, una policy di feedback che includa sia injunctive che descriptive norms quale l'iniziativa di OPOWER presentata in Allcott (2011) permette agli agenti di effettuare una comparazione interpersonale. Si assume che questo possa incidere sulla motivazione di chi riceve, in forma di bolletta elettrica, l'informazione sulla collocazione dei propri consumi nella distribuzione della popolazione, oltre a consigli su come incrementare l'efficienza del proprio utilizzo di energia (conservazione). Le formule che aggiornano la motivazione sono simili alla [2] e alla [3] con alcune differenze:

- L'impatto non dipende dai link, cioè dalle relazioni specifiche tra gli agenti, in quanto è un trattamento standardizzato, e le informazioni di carattere I&D vengono fornite in modo anonimo, impersonale.
- La comparazione avviene, ma con riferimento alla distribuzione dei consumi dell'intera popolazione, e non solo sui vicini connessi da relazioni personali.
- Nella simulazione della policy I&D i consumatori incrementano la propria motivazione in proporzione alla porzione di popolazione con consumi inferiori ai propri. Per tutti gli agenti, si ha $m_{t+1} = m_t (1+k)$ con

$$[4] \quad k = \pi_{I\&D} \mu (N_c / N).$$

Dove N_c rappresenta il numero di agenti con consumi inferiori. Il parametro $\pi_{I\&D}$ rappresenta qui la sensibilità degli agenti allo stimolo I&D, ma è indipendente dal precedente π , che si riferisce alla sensibilità ad interazione sociale. Anche qui μ interviene a smorzare l'effetto.

■ **Policy “community based”**: questa ultima opzione di policy non è universalistica come la precedente. Assumiamo che alcuni degli agenti aderiscano ad una iniziativa dedicata alla conservazione energetica: potrebbe trattarsi sia di iniziative volontaristiche intraprese da gruppi ecologicamente orientati (genere “Bilanci di Giustizia”) sia di un programma di certificazione dei risparmi energetici da parte di una Esco (tipo “Azero CO₂”) per conto di un distributore nell’ambito dell’adempimento in termini di certificati bianchi (titoli di efficienza energetica). In questo secondo caso le relazioni orizzontali tra gli agenti possono essere più o meno rilevanti a seconda dello specifico sviluppo del programma. Rispetto alla policy I&D:

■ La motivazione evolve non in base al confronto sui livelli di consumo ma al confronto sui livelli di risparmio (poiché si suppone che gli agenti siano o originariamente ecologicamente orientati, oppure “attivati” in tal senso dalla Esco):

$$[5] \quad k = \pi_{I\&D} \mu(N_s/N)$$

Dove N_s rappresenta il numero di agenti con risparmi superiori ai propri.

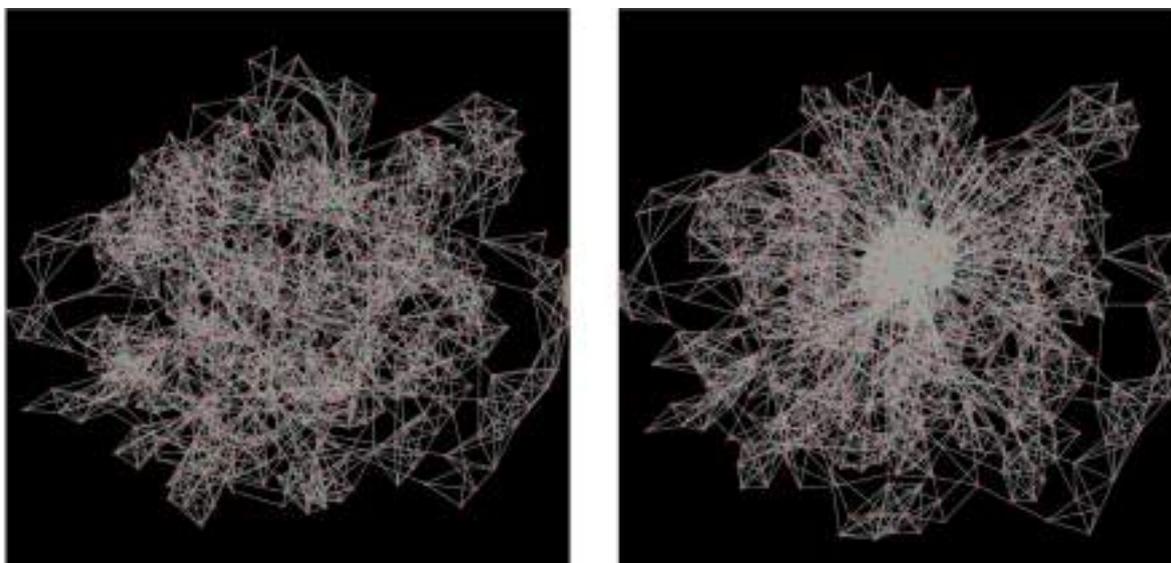
■ Il confronto non è universalistico bensì avviene sulla base dei link-neighbors, che i partecipanti all’iniziativa comprendono sia la rete relazionale di base (interpretabile come famiglia e amici) sia quella specificamente creata dall’iniziativa.

6.5.4 Le fasi della simulazione

Il programma realizzato prevede una sequenza di azioni: quelle indicate nell’elenco come a) e b) costituiscono l’inizializzazione (o setup) della simulazione, e vengono eseguite una sola volta per ogni esecuzione della simulazione. Le successive invece si ripetono in ognuno dei 24 round e sono passi di programma reiterati (round), che permettono di applicare agli agenti regole comportamentali: questi processi “incapsulati” in ogni round permettono di modellizzare proprietà e comportamenti: la memoria degli esiti degli step precedenti, scelte a seguito di interazioni con altri agenti (come l’imitazione), la sensibilità e le reazioni a policy (interazione con il setting istituzionale). La sequenza include quindi:

- una inizializzazione, che assegna motivazione e costi comportamentali in base ai quali sono calcolati 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;
- 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);
- l’interazione, attraverso cui gli agenti acquisiscono informazioni da altri agenti e/o dalla compagnia elettrica;
- l’aggiornamento dei livelli delle variabili: in questa versione del modello, per semplicità di interpretazione ci focalizziamo sulla motivazione, che viene aggiornata in funzione all’interazione sociale e a dei parametri di sensibilità alla policy I&D e/o a quella community based.
- il calcolo dei livelli di conservazione energetica in funzione dei parametri aggiornati, e il calcolo del consumo dei singoli agenti e del consumo aggregato;
- il report del risultato.

Figura 26. A sinistra, 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 quelli che aderiscono all'iniziativa community-based. Nella struttura a destra, nuove connessioni si stabiliscono tra le famiglie green, che vengono spostate al centro della rete solo per una scelta di visualizzazione che avvicina gli agenti maggiormente collegati da relazioni.



6.5.5 Test pilota per la calibrazione di un modello base

La policy basata sulla distribuzione di bollette con injunctive e descriptive norms comporta un trattamento che, nella interpretazione di Allcott (2011), genera un incremento della motivazione, come confronto sia con il comportamento medio che con quello dei più efficienti (OPOWER include in questo gruppo quelli che rientrano nel primo quintile della distribuzione dei consumi).

Il fatto che le famiglie possono rispondere in modo differenziato è modellizzato 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 quota di "vicini" con performance migliori delle proprie 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).

Figura 27. Calibrazione del modello nel caso delle I&D norms

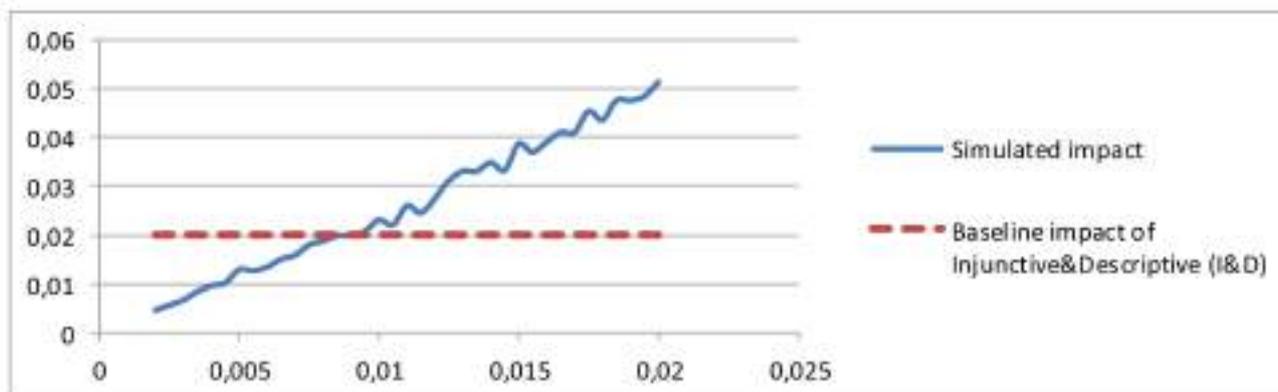
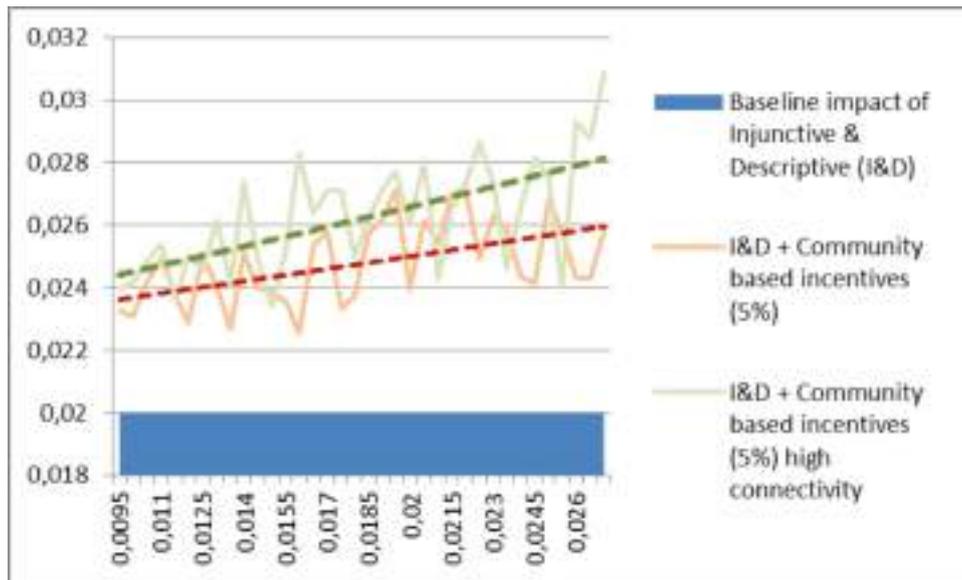


Figura 28. Scenario con implementazione congiunta di policy I&D e community based



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). Nella Figura 27, possiamo osservare le variazioni del risultato delle simulazioni (la percentuale di riduzione del consumo elettrico), per valori crescenti della sensibilità massima alla policy (serie in blu). In rosso viene invece riportato l’impatto medio baseline stimato da Allcott. Il valore 0,095 del parametro di sensibilità 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, benché 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.

Nella Figura 28 riportiamo i risultati del modello che prevede un’attuazione congiunta di I&D e la formazione di un gruppo coinvolto da un’iniziativa community-based. Sulla base dell’ipotesi, che riteniamo fortemente plausibile, che la sensibilità all’interazione tra i membri della community sia superiore a quella della policy I&D, tracciamo le due serie in verde e in rosso che riportano la variazione del risparmio complessivo.

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 contribuiscono ad incrementare ulteriormente il margine di risparmio conseguibile in misura crescente quanto maggiore è il livello di connettività locale.

Simulazione 1: solo interazione sociale

Risultati riferiti a simulazione con parametri:

- Frequenza relativa di comportamenti imitativi ad ogni round = 0.05
- $0.001 < \pi < 0.01$
- $1 < \text{close-link} < 10$

Figura 29. Analisi di sensibilità sul livello di connettività (close-link) e sulla sensibilità all'interazione sociale (π)

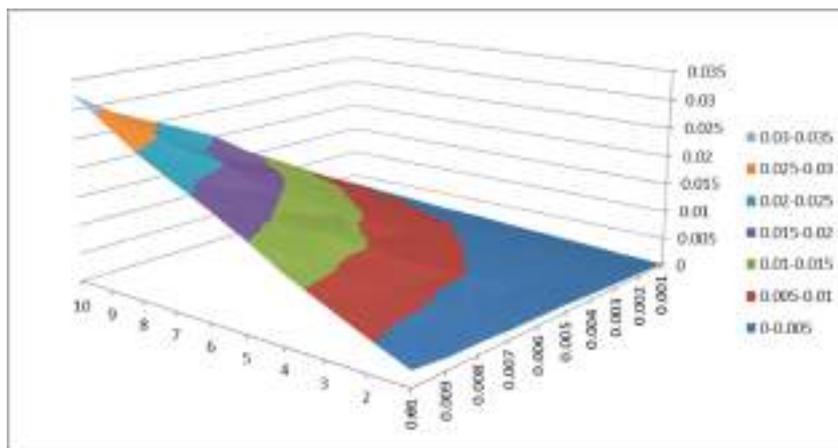
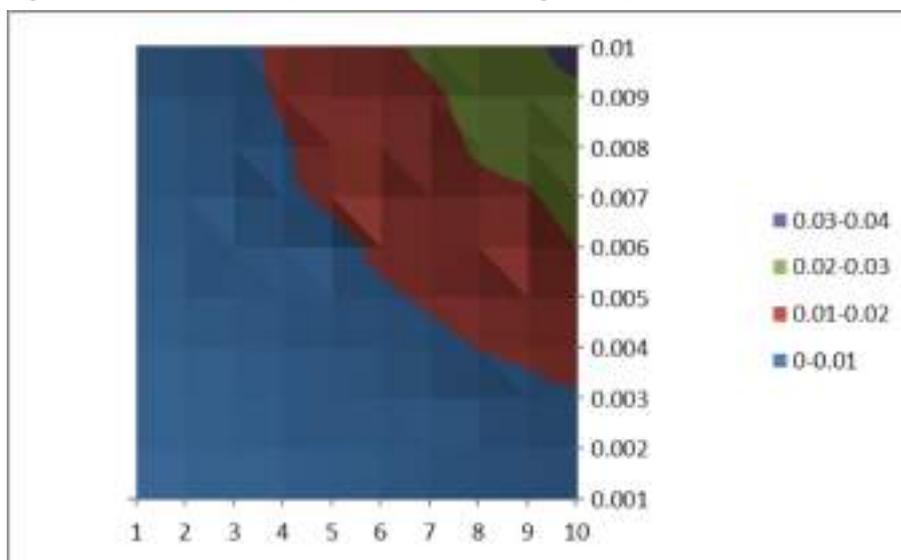


Figura 30. Proiezione sul piano orizzontale del grafico precedente



6.5.6 Interazione sociale orizzontale

In questa prima simulazione, nei 24 round che si succedono, si attribuisce al 5% delle famiglie la possibilità di “vedere” i consumi dei propri link-neighbor. Abbiamo stilizzato, attraverso questa prima forma di interazione, il fatto che gli scambi i flusso di informazione che le persone ricevono ad esempio sui consumi di parenti, amici, colleghi, (ma possono rientrare in questo tipo di interazione anche il vedere il confrontarsi con altri sulle modalità di utilizzo, ed i manutenzione, degli elettrodomestici). Ciò che la nostra stilizzazione non considera in modo esplicito, ma possiamo presupporre che nella realtà abbia un ruolo impor-

tante, è che nello scambio ad una scala micro (individuale o familiare) passano stimoli che riguardano sia i comportamenti di consumo altrui, sia le loro convinzioni e motivazioni. I risultati dell'interazione sociale, mostrano che anche se consideriamo un'imitazione che agisce in entrambe le direzioni in modo simmetrico, il risultato in termini di conservazione energetica rimane positivo (portare i meno virtuosi verso un livello medio, e far "rilassare" i più virtuosi verso il livello intermedio implica che comunque un impatto positivo, in termini di conservazione energetica, che varia nella nostra analisi di sensibilità in modo apprezzabile in base al parametro connettività.

Simulazione 2: Interazione sociale e injunctive e descriptive norm (I&D)

Risultati riferiti a simulazione con parametri:

- Frequenza relativa di comportamenti imitativi ad ogni round = 0.05
- $1 < \text{close-link} < 10$
- Sensibilità all'interazione sociale $\pi = 0.02$
- Sensibilità a I&D: $0.002 < \pi_{I\&D} < 0.02$

Figura 31. analisi di sensibilità sul livello di connettività (close-link) e sulla sensibilità all'interazione sociale ($\pi_{I\&D}$)

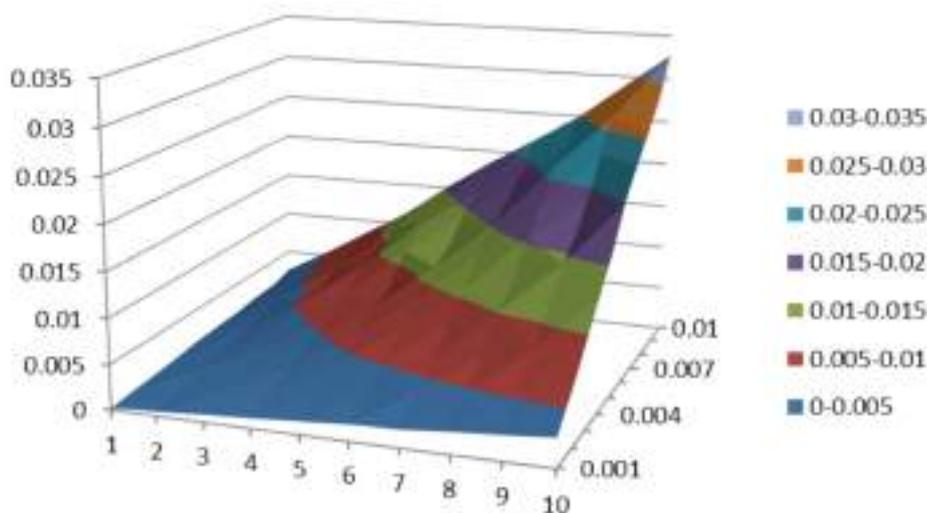
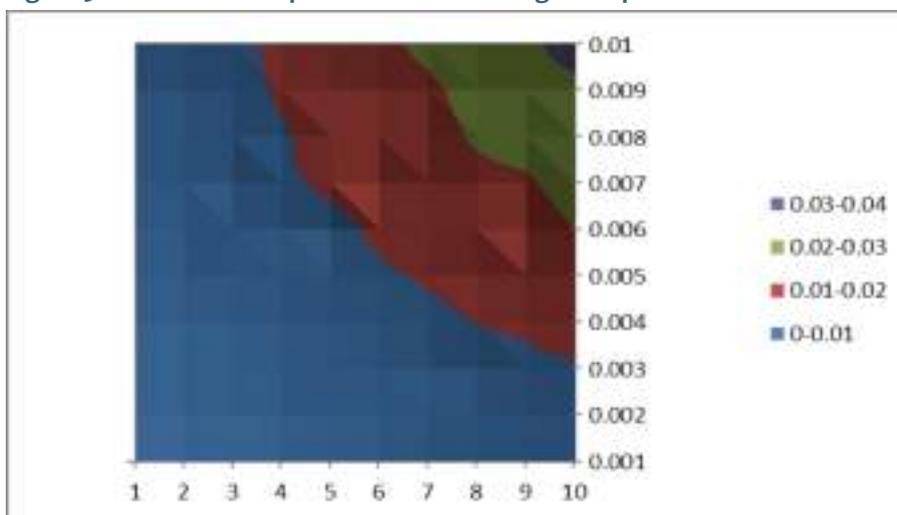


Figura 32. Proiezione sul piano orizzontale del grafico precedente



Simulazione 3: Interazione sociale ed iniziativa community based

Risultati riferiti a simulazione con parametri:

- Frequenza relativa di comportamenti imitativi ad ogni round = 0.05
- $1 < \text{close-link} < 10$
- Sensitività all'interazione sociale $\pi = 0.02$
- Quota partecipanti a community-based = 0.01
- Sensitività a community-based: $0.002 < \pi c < 0.02$

Figura 33. Analisi di sensibilità sul livello di connettività (close-link) e sulla sensitività ad iniziativa community based (πc)

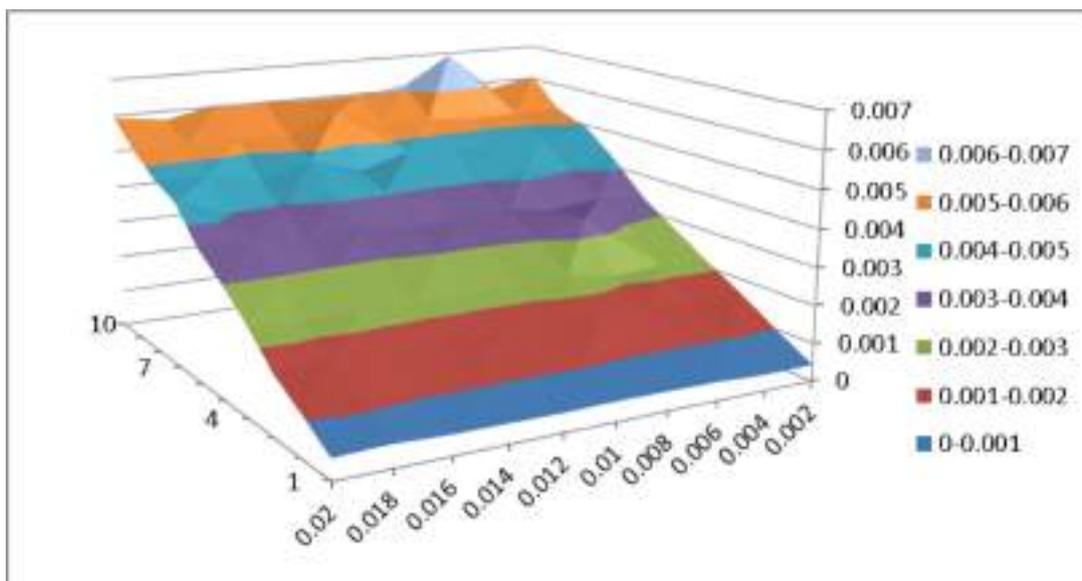
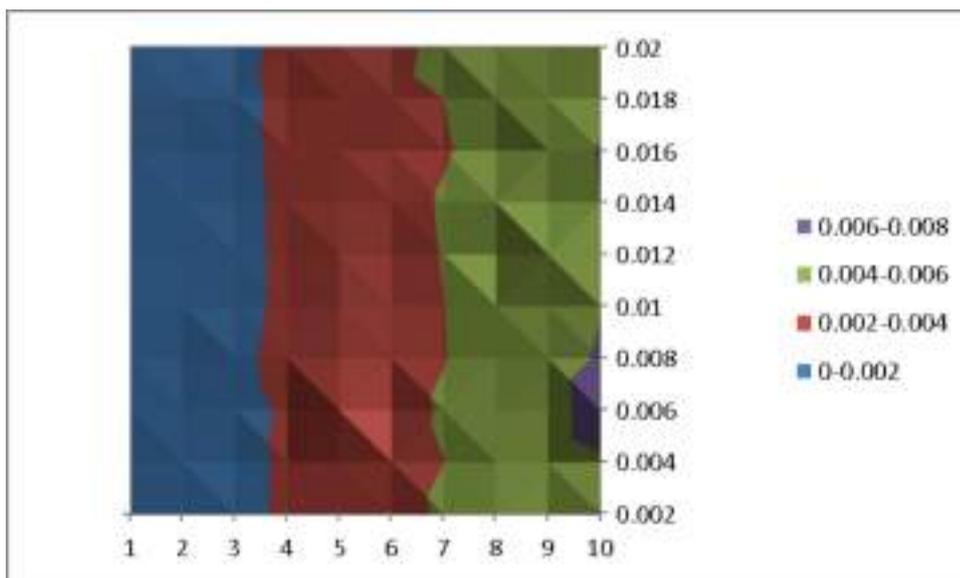


Figura 34. Proiezione sul piano orizzontale del grafico precedente



6.6 Risultati e conclusioni

La nostra analisi si è 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. Una ampia analisi iniziale ha descritto, nel contesto italiano ed in dettaglio su quello regionale, la situazione sul possesso, sul ricambio degli elettrodomestici, ed attraverso una analisi inferenziale ha inteso attribuire delle quote di spesa energetica ai singoli elettrodomestici, distinguendo gli effetti delle principali variabili sociodemografiche che incidono sul consumo di elettricità: la numerosità delle apparecchiature, la dimensione dell'abitazione, la numerosità familiare ed il livello di reddito.

La seconda parte si connette più direttamente con l'ambito delle policy ed iniziative per la promozione del risparmio e conservazione energetica. Nell'ambito dei consumi elettrici domestici, le strategie per il contenimento dei connessi impatti ambientali appaiono incentrate principalmente su (i) 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 e (ii) 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 (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).

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). Nella prima parte del capitolo sono stati evidenziati i diversi elementi che concorrono ad allontanare il tipo di consumo in questione dall'applicazione soddisfacente di un modello di scelta razionale (come l'opacità di prezzi e consumi, il fatto che quella di elettricità dia una domanda derivata, e che le scelte di conservazione e di risparmio energetico dipendono, oltre che da una finalità di razionalizzazione della spesa, anche dall'aspettativa e dalla volontà di ridurre le conseguenze ambientali del proprio consumo). Attraverso una rassegna di alcuni contributi che derivano dalla teoria psicologica e sociologica, emerge come la costruzione di norme sociali, sia in senso verticale (macro) che in senso orizzontale (comunitario, locale, su ambiti relazionali ristretti) sia un elemento particolarmente rilevante allo scopo di costruire politiche ed incentivi alla conservazione energetica.

La motivazione, nella stilizzazione del processo di valutazione e decisione del consumatore viene intesa come determinata da processi di costruzione psicologica di norme, convinzioni ed attitudini sulla conservazione energetica.

Nell'assegnare regole comportamentali agli agenti del modello di simulazione, si è scelto di condizionare le variazioni della motivazione degli agenti come risultato dell'interazione orizzontale e verticale. I costi comportamentali, rappresentano invece la barriera all'adozione di pratiche di conservazione energetica: la scomodità, i costi non monetari ma legate all'impegno di tempo, attenzione e al dover rinunciare ad abitudini consolidate nell'utilizzo dell'energia elettrica.

All'interno del un modello simulativo si è quindi assunto che le famiglie (agenti) possano pesare e valutare motivazioni e costi comportamentali, per determinare, in base a propri vincoli tecnologici, se adottare azioni per ridurre - entro soglie definite per ora in modo decisamente prudentiale e poco ambizioso - il proprio livello di consumo elettrico.

L'interazione sociale (cioè relazioni dirette e locali, o orizzontali), simulata su un primo modello (Figura 29

e Figura 30) mostra che la diffusione delle pratiche di conservazione porta ad una riduzione del consumo elettrico positivo che dipende dal livello di interconnessione nella rete (cioè la densità di relazioni orizzontali), più che dal parametro di sensibilità dei consumatori ai livelli di consumo dei propri vicini (locali). In questo primo caso, si è assunto che i comportamenti imitativi (attribuiti a una quota, circa l'1%, degli agenti) avessero l'effetto di incrementare (o ridurre) le motivazioni degli agenti, a seconda che questi si trovino al di sotto (o al di sopra) della media dei consumi dei propri vicini.

Dall'analisi di questa modalità, di per sé estremamente semplificata a stilizzata, emergono due indicazioni:

- 1. una più ovvia, il lock-out degli isolati: cioè famiglie che si trovano in un contesto di frammentazione relazionale/scarsità di interazioni sono irraggiungibili da processi imitativi che diffondano motivazioni a favore della conservazione energetica. Viceversa, la presenza di condizioni locali in cui una cerchia di consumatori 'parsimoniosi' partecipa ad una rete relazionale molto fitta, produce azioni spontanee ed imitative di conservazione, nella nostra simulazione, abbastanza significative.
- 2. L'interazione orizzontale è una dinamica locale spontanea, e si sovrappone alle possibili iniziative di policy.

All'interno di questo framework, sono stati esaminati due scenari di policy.

Un primo scenario, basato sui feedback informativi contenuti nelle bollette dell'energia elettrica, mira a stimolare la diffusione del risparmio energetico sulla base di informazioni legate ai comportamenti di una popolazione di utenti (interazione verticale). Nel modello di policy 'verticale' con injunctive & descriptive norms il confronto con un ampio studio empirico (Allcott, 2011) ci ha permesso di calibrare alcuni dei parametri di risposta alla policy (cioè la misura in cui lo stimolo genera un incremento della motivazione). Anche in questo caso, la densità relazionale locale porta l'impatto in termini di risparmio energetico medio a crescere, in base ai parametri adottati, dal 2 al 3,5%. Questo scenario, e l'esame dell'evidenza empirica fornita da Allcott (2011) suggeriscono una lettura attenta delle potenzialità degli strumenti di feedback verticale. Pur soffrendo di perdite di efficacia se declinato in termini troppo analitici e tecnici, il feedback in bolletta con un contenuto normativo è fattibile ed agevolmente implementabile dai distributori elettrici, a costi molto ridotti. A questo proposito, un possibile sviluppo della ricerca coinvolgerebbe proprio le utilities come possibili soggetti interessati ad indagare l'utilizzo dei feedback. Ciò consentirebbe di sperimentarne tipologie diverse e di collegare le risultanze di queste ricognizioni alla calibrazione in un modello di simulazione ad agenti, di parametri che sinora non è possibile riferire ad una base conoscitiva empirica. Nel contesto italiano, una simile applicazione coinvolgerebbe alcune delle policy di incentivi che riguardano la riconversione dell'economia verso obiettivi di transizione verso bassi tenori di carbonio.

Il ruolo dell'interazione sociale orizzontale viene ulteriormente enfatizzato dai risultati della terza simulazione, che restituisce un valore massimo del 7% di risparmio energetico come risultato di un coordinamento di gruppi ed iniziative di consumatori green. In conclusione, le due tipologie di policy non appaiono come alternativi, ma come complementari. Il risultato potenziale delle strategie di sufficienza appare, da queste simulazioni come limitato ma non irrilevante sia in termini di scala, sia perché rappresenta al tempo stesso uno strumento di lotta al cambiamento climatico che punta su conoscenza, capitale umano che può avere effetti duraturi, ma con costi a breve termine decisamente bassi ed assenza di effetti di sostituzione tipici dell'effetto rimbalzo.

BIBLIOGRAFIA

Capitolo 1

- Alcott B., 2008. The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact?. *Ecological Economics* 64, 770-786.
- Commissione Europea, 2005. Libro verde sull'efficienza energetica: fare di più con meno. COM(2005) 265.
- Commissione Europea, 2006. Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità. COM(2006) 545.
- Girod B., de Haan P., 2009. GHG reduction potential of changes in consumption patterns and higher quality levels. *Energy Policy* 37, 5650-5661.
- Greening L., Greene D.L., Difiglio C., 2000. Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey. *Energy Policy* 28 (6-7), 389-401.
- Herring H., Roy R., 2007. Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation* 27, 194-203.
- Hertwick E.G., 2005. Consumption and the Rebound Effect. An Industrial Ecology Perspective. *Journal of Industrial Ecology* 9, 85-98.
- HoL, 2006. Second Report: Energy Efficiency, Session 2005-2006. House of Lords Select committee on Science and Technology, London.
- IEA (International Energy Agency), 2004. Oil crises and climate challenges: 30 years of energy use in IEA countries. OECD/IEA, Paris.
- IEA (International Energy Agency), 2005. The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries. Learning from the critics. OECD/IEA, Paris.
- Jalas M., 2002. A time use perspective on the materials intensity of consumption. *Ecological Economics* 41, 109-123.
- Jenkins J., Nordhaus T., Shellenberger M., 2011. Energy emergence. Rebound and backfire as emergent phenomena. Breakthrough Institute, Oakland, CA.
- Jevons W.S., 1865. In: Flux, A.W. (Ed.), *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-mines*, 3rd edition 1905. Augustus M. Kelley, New York.
- Maxwell D. et al., 2011. Addressing the Rebound Effect, a report for the European Commission DG Environment.
- Sanne C., 2000. Dealing with environmental savings in a dynamical economy. How to stop chasing your tail in the pursuit of sustainability. *Energy Policy* 28, 487-495.
- Saunders H, D., 1992. The Khazzom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal* 13 (4), 131.
- Schneider F., 2003. L'effet rebond. *L'Ecologiste* 11 Octobre 2003 (4) n°3.
- Sorrell S., 2007. The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Center.
- Sorrell S., 2009. Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy* 37, 1456-1469.
- Sorrell S., 2010. Energy, growth and sustainability: five propositions. Sussex Energy Group Conference 'Energy transitions in an interdependent world', 25th-26th February 2010". *Sustainability* 2, 1784-1809.

Riferimenti per testi citati in Tabella 2

- Allan G. et al., 2007. The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: a computable general equilibrium analysis for the United Kingdom. *Energy Economics* 29 (4), 779-798.
- Dufornaud C., Quinn J., Harrington J., 1994. An applied general equilibrium analysis of a policy designed to reduce household consumption of wood in Sudan. *Resource and Energy Economics* 16, 67-90.
- Glomsrod S., Wei T., 2005. Coal cleaning: a viable strategy for reduced carbon emissions and improved environment in China. *Energy Policy* 33 (4), 525-542.
- Grepperud S., Rasmussen I., 2004. A general equilibrium assessment of rebound effect. *Energy Economics* 26 (2),

261-282.

- Hanley N. et al., 2005. Do increases in resource productivity improve environmental quality?. Working Paper, Department of Economics, University of Strathclyde, Strathclyde.
- Hanley N. et al., 2009. Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability?. *Energy Economics* 26 (2), 648-666.
- Semboja H., 1994. The effects of an increase in energy efficiency on the Kenyan economy. *Energy Policy* 22 (3), 217-225.
- Van Es, G.A., et al., 1998. Description of the SEO computable general equilibrium model (CGE-model). SEO-Report 474. Foundation for Economic Research, Amsterdam.
- Vilkstrom P., 2004. Energy efficiency and energy demand: a historical CGE investigation on the rebound effect in the Swedish economy 1957. Working Paper, Umea University, Sweden.
- Washida T., 2004. Economy-wide model of rebound effect for environmental efficiency. International Workshop on Sustainable Consumption. University of Leeds.

Capitoli 2 - 3

- Abelson P. H., 1972. Limits to Growth, in *Science*, No. 175.
- Amin S., 2002. *Au-delà du capitalisme sénile*, PUF, Paris.
- Anderson P. W., 1972. More is different, in *Science Magazine*, vol. 117, pp. 393-396.
- Arestis P., Sawyer M. (eds.), 1992. Nicholas Georgescu-Roegen, in a *Biographical Dictionary of Dissenting Economists*, Edward Elgar, Aldershot, UK, pp. 179-87.
- Ayres R.U., 1997. Comments on Georgescu-Roegen, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Ayres R.U., 1999. The second law, the fourth law, recycling and limits to growth, in *Ecological Economics*, XXIX.
- Ayres R.U., Miller, S.M., 1980. The role of technical change, *Journal of Environmental Economics Management*, 7, 353-371.
- Azar C., Holmberg J., Lindgren, K. 1996. Socio-ecological Indicators for Sustainability, in *Ecological Economics*, XVIII.
- Barabási, A.L., 2004. *Link. La scienza delle reti*, Einaudi, Torino.
- Baran P. A., Sweezy P. M., 1968. *Monopoly Capital*, Penguin, Harmondsworth.
- Baranzini M., Scazzieri R., 1990. *The Economic Theory of Structure and Change*, Basil Blackwell Publisher Ltd., Oxford, U.K.
- Barnett H.J., Morse C., 1963. *Scarcity and Growth*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Bateson G., 1972. *Step to an Ecology of Mind*, Ballantine, New York.
- Bateson G., 1979. *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Button, New York
- Bateson G., 1991. *A Sacred Unity: Further Steps to an Ecology of Mind*, Harper Collins, New York
- Bauman Z., 2005. *Liquid Life*, Polity Press, Cambridge.
- Bauman Z., 2007. *Consuming Life*, Polity Press, Cambridge.
- Beck U., 1988. *Risk Society: Towards a New Modernity*, Sage, London.
- Beck U., 2009. *World at risk*, Polity Press, Cambridge, UK.
- Beckerman W., 1972. Economists, scientists, and environmental catastrophe, *Oxford Economic Papers*, November, pp. 327-344.
- Berg van den J. C. J. M., Nijcamp P., 1991. Operationalizing sustainable development: dynamic ecological economic model, in Faculty of Economics, Free University, Amsterdam.
- Berkhout F., Hertin J. (2004), De-materialising and re-materialising: digital technology and the environment, *Futures*, 36, pp. 903-920.
- Betancourt R. R., Clague Ch. K., 1981. *Capital Utilization*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bianciardi C., Tiezzi, E., Ulgiati S., 1993. Complete Recycling of Matter in the Frameworks of Physics, Biology and Ecological Economics, in *Ecological Economics*, VIII.

- Bianciardi, C., Donati, A., Ulgiati S., 1993. On the Relationship between the Economic Process the Carnot Cycle and the Entropy Law, in *Ecological Economics*, VIII, pp. 7-10.
- Binswanger M., 1993. From microscopic to macroscopic theories: entropic aspects of ecological and economic processes, in *Ecological Economics*, VIII, pp. 209-234.
- Biois Report, (2008), Impacts of Communication and Information Technology on Energy Efficiency, ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/sustainable-growth/ict4ee-final-report_en.pdf
- Blin-Stoyle, R.J., 1959. The End of Mechanistic Philosophy and the Rise of Field Physics, in Blin-Stoyle, R.J. et al. (eds.), *Turning Points In Physics*, North-Holland, Amsterdam, pp. 5-29.
- Bonaiuti M., 2001. *La teoria bioeconomica. La nuova economia di N. Georgescu-Roegen*, Carocci, Roma.
- Bonaiuti M., 2011. *From Bioeconomics to Degrowth. Georgescu-Roegen's "New Economics" in eight essays*. Routledge, London and New York.
- Bormann F. H., 1972. Unlimited growth: growing, growing, gone?, *Bioscience*, December, pp. 706-709.
- Boserup M., 1979. Resources for Future Economic Growth, (Chairman's Report on Specialized Session III), in E. Malinvaud (ed.), *Economic Growth and Resources*, Proceedings of the 5th World Congress of the International Economic Association, Tokyo, 29 Aug. - 3 Sept. 1977, 5 vols., Macmillan, London.
- Boulding K. E., 1966. The economics of the Coming Spaceship Earth, in Jarret H. (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 3-14.
- Boulding K. E., 1971. Environment and Economics, in Murdoch W. (ed.), *Environment: Resources, Pollution and Society*, Sinauer, Stamford, Conn., pp. 359-367.
- Boulding K. E., 1977. Energy policy: A piece of cake, in *Technology Review*, LXXX.
- Boulding K. E., 1978. *Ecodynamics*, Sage Publications, London.
- Boulding K. E., 1981. *Evolutionary Economics*, Sage Publications, London.
- Bourdieu P., 1984. *Distinction: a Social Critique of the Judgement of Taste*, Harvard University Press.
- Bowman J., 1978. Antigrowth Economist Pessimistic, *Monitor*, Los Alamos Scientific Laboratories, XV.
- Bray J., 1972. *The politics of the environment*, Fabian Tract 412, Fabian society, London.
- Bridgman P. W., 1927. *The Logic of Modern Physics*, Macmillan, New York.
- Brigman P.W., 1955. Statistical Mechanics and the Second Law of Thermodynamics, in *Reflections of a physicist*, 2nd edition, Philosophical Library, New York, pp. 236-268.
- Brooks D. P., Andrews P. W., 1974. Mineral Resources, Economic Growth, and World Population, in *Science*, No.185.
- Brown H., 1970. Human materials production as a process in the biosphere, *Scientific American*, September, pp. 195-208.
- Brown, L.R., Finsterbusch G., 1971. Man, Food and Environment, in Murdoch W. (ed.), *Environment: Resources, Pollution and Society*, Sinauer, Stamford, Conn., pp. 53-69.
- Brune F., 2005. *De l'idéologie, aujourd'hui*, Parangon, Lyon.
- Butti K., Perlin J., 1977. Solar Water Heaters in California, 1891-1930, in *CoEvolution Quarterly*, autumn 1977.
- Caillé A., 1988. *Critique de la raison utilitaire. Manifeste du Mauss*, La Découverte, Paris.
- Caillé A., 1998. *Anthropologie du don. Le tiers paradigme*, La Découverte, Paris.
- Cambell C., Laherrère J. H., 1998. The end of cheap oil, in *Scientific American*, March 1998.
- Cannon, J., 1973. Steel: the recyclable material, *Environment*, November, pp. 11-20.
- Castle E.N., 1977. A comment on Georgescu-Roegen, Daly, Solow and Stiglitz, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Castoriadis C., 1987 *The Imaginary Institution of Society*, Polity Press, Cambridge (MA.) et Blackwell, Oxford.
- Castoriadis C., 2005. *A society adrift - Interviews and debates 1974-1997*, Escobar E., Gondicas M., Vernay P., (eds.), New York, Fordham University Press.
- Castoriadis C., 2008. *L'imaginaire comme tel*, Hermann, Paris.
- CEC., 2000. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Waste Electrical and Electronic Equipment and on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, COM 347, Brussels.

- CED, 1977. Key Elements to a National Energy Strategy, New York.
- Chamberlin E. H., 1948. The Theory of Monopolistic Competition, 6th edition, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Chambers N., Simmons C., Wackernagel M., 2000. Sharing Nature's Interest, Earthscan Publications, London.
- Chapman P. F., 1974. Energy Costs: A Review of Medhio, in Energy Policy, II.
- Chapman P. F., Leach G., Slesser M., 1974. The Energy Cost of Fossil Fuels, in Energy Policy, II.
- Chomsky N., 2002. Understanding Power, The New Press, New York
- Clark C.W., 1997. Renewable resources and economic growth, in Ecological Economics, XXII (Special Issue).
- Clark W. C., Munn R. E. (eds.), 1986. Sustainable Development of the Biosphere, Cambridge University Press, Cambridge.
- Cleveland C.J., 1999. Biophysical economics: from physiocracy to ecological economics and industrial ecology, in K. Mayumi and J. M. Gowdy (eds.), Bioeconomics and Sustainability, Edward Elgar Publishing, USA.
- Cleveland C.J., Ruth M., 1997. When, where, and by how much do biophysical limit constrain the economic process? A survey of Nicholas Georgescu-Roegen's contribution to ecological economics, in Ecological Economics, XXII (Special Issue).
- Cloud P., 1974. Realities of Mineral Distribution, in McKenzie G. D., Utgard R. O. (eds.), Man and His Physical Environment, 2nd edition, Burgess, Minneapolis, pp. 185-98.
- Cloud, P., 1971b. Mineral resources in fact and fancy, in Murdoch W. (ed.), Environment: Resources, Pollution and Society, Sinauer, Stamford, Conn., pp. 71-88.
- Colvin P., 1977. Ontological and Epistemological Commitments and Social Relations in the Sciences. The Case of Arithmomorphic System of Scientific Production, in E. Mendelshon et al. (eds.), The Social Production of Scientific Knowledge, Sociology of the Sciences, vol. I, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- Common M., 1997. Is Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz the important point?, in Ecological Economics, XXII (Special Issue).
- Common M., Perring C., 1992. Towards an Ecological Economics of Sustainability, in Ecological Economics, 6 July.
- Costanza R. (ed.), 1991. Ecological Economics, Columbia University Press, New York.
- Costanza R., 1980. Embodied energy and economic evaluation, in Science, No. 210.
- Costanza R., 1989. What is Ecological Economics?, in Ecological Economics, I.
- Costanza R., Daly H.E., 1992. Natural capital and sustainable development, in Conservation Biology, vol. 6, No. 1. (Mar., 1992), pp. 37-46.
- Costanza R., Faber S., Maxwell J., 1989. Valuation and Management of Wetland Ecosystems, Ecological Economics, I, pp. 335-61.
- Costanza R., Perring C., Cleveland J. (eds.), 1997. The Development of Ecological Economics, Edward Elgar, Cheltenham.
- Costanza R., Wainger L., Folke C., Maler K., 1993. Modelling Complex Ecological Economics system: Toward Evolutionary, Dynamic Understanding of People and Nature, BioScience, 43 (8), September, 545-55.
- D'Arcy Thompson W., 1961. On Growth and Form, Cambridge University Press, Cambridge.
- Daly H. E. (ed.), 1973. Toward a Steady State Economy, Freeman, San Francisco.
- Daly H. E., 1968. On Economics as a Life Science, in Journal of Political Economy, LXXVI,
- Daly H. E., 1971. The stationary-state economy, Distinguished Lecture Series No.2, Department of Economics, University of Alabama.
- Daly H. E., 1971. Toward a stationary-state economy, in Hart J., Socolow R. (eds.), Patient earth, Rinehart & Winston, New York, pp. 226-244.
- Daly H. E., 1977. Steady-state Economics: the Economics of Biophysical Equilibrium and Moral Growth, W. H. Freeman and Company
- Daly H. E., 1990. Toward Some Operational Principles of Sustainable Development, in Ecological Economics, II.
- Daly H. E., 1992. Allocation, Distribution, and Scale: Towards an Economics that is efficient, just and sustainable, in Ecological Economics, XI.
- Daly H. E., 1994. Fostering Environmentally Sustainable Development: Four Parting Suggestions for the World Bank,

- in *Ecological Economics*, X, pp. 183-187.
- Daly H. E., 1995. On Nicholas Georgescu-Roegen's contributions to Economics: an obituary essay, in *Ecological Economics*, XIII-3.
- Daly H. E., 1996. *Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development*, Beacon Press, Boston.
- Daly H. E., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Daly H. E., 1997. Reply to Solow/Stiglitz, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Daly H. E., 1999. How long can neoclassical economists ignore the contributions of Georgescu-Roegen?, in Mayumi K. and Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Daly H. E., Cobb J. B., 1989. *For the Common Good*, Beacon Press, Boston
- Daly H. E., Farley J., 2004. *Ecological Economics: Principles and Applications*, Island Press, London.
- Daly H. E., 2008. *A Steady-State Economy*, Essay for the UK Sustainable development Commission, www.theoil-drum.com
- Damasio A., 1994. *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, Putnam Publishing.
- De Gleria S., 1999. Growth development and innovation in N. Georgescu-Roegen's thought, (with a case study: the Bank of the Poor), in *Economia internazionale*, 52(4), pp.443-481.
- De Gleria S., 1999. Nicholas Georgescu-Roegen's approach to economic value: a theory based on nature with man at its core, in Mayumi K. and Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Delbruck M., 1986. *Mind from matter?*, Blackwell, Palo Alto.
- Diederer, A.M., 2009. *Metal minerals scarcity: A call for managed austerity and the elements of hope*, Paper for TNO Defence, Security and Safety.
- Diener E., Lucas R.E., Napa Scollon C. 2006. Beyond the Hedonic Treadmill: Revising the Adaptation Theory of Well-Being, in *American Psychologist*, vol. 61, pp. 305-314.
- Diener E., Suh E. M. 1997. Measuring Quality of Life: Economic, Social and Subjective Indicators, in *Social Indicators Research*, vol. 40, pp. 187-216.
- Dodd J. H., Hasek C. W., Hailstones T.J., 1957. *Economics*, South-Western Publishing Co., Cincinnati.
- Dore R., 2008. Financialisation of the global economy, in *Industrial and Corporate Change*, No. 17, Oxford Journals.
- Dragan J.C., Demetrescu M.C., Seifert E.K. (eds.), 1997. *Implication and Application of Bioeconomics*, (Second International Conference of the E.A.B.S. Palma de Mallorca, 1994), Nagard, Milano.
- Dragan J.C., Demetrescu. M.C., 1986. *Entropy and Bioeconomics*, The new paradigm of Nicholas Georgescu-Roegen, Nagard, Milano.
- Dragan J.C., Demetrescu. M.C., Seifert E.K. (eds.), 1993. *Entropy and Bioeconomics*, (First International Conference of the E.A.B.S. Rome, 1991), Nagard, Milano.
- Dumont L., 1970. *Homo hierarchicus: the caste system and its implications*, George Weidenfeld and Nicholson Ltd and University of Chicago Press.
- Dumont L., 1986. *Essays on individualism*, University of Chicago Press, Chicago and London.
- Easterlin R.A., 1974. Does Economic Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence, in David P.A., Melvin W. R. (eds.), *Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honour of Moses Abramowitz*, Academic Press, New York, pp. 89-125.
- Easterlin R.A., 2001. Income and Happiness: Toward a Unified Theory, in *Journal of Happiness Studies*, vol. 2, pp. 1-12.
- Ehrenfest P. and T., 1959. *The Conceptual Foundations of the Statistical Approach in Mechanics*, Cornell University Press, Ithaca.
- Einstein A., Infeld L., 1938. *The evolution of physics*, Simon and Schuster, New York.
- El Sarafy S., 1989. The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources. In Ahmad, Y.J., El Sarafy S., Luz E. (eds), *Environmental Accounting for Sustainable Development*, World Bank, Washington.
- Faber M., Manstetten R., Proops J., 1995. On the Conceptual Foundations of Ecological Economics: a Teleological Approach, in *Ecological Economics*, XII.
- Faber M., Niemes H., Stephan G., 1983. *Entropie, Umweltschutz und Rohstoffverbrauch*, Springer, Berlin.
- Faber M., Niemes H., Stephan G., 1983. *Entropy, Environment and Resources. An essay*, in *Physco-Economics*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

- Feyerabend P.K., 1975. *Against method. Outline of an anarchistic theory of knowledge*, Humanities Press.
- Feynman R. P., Leighton R. B., Sands M., 1968. *The Feynman Lectures on Physics*, vol. I, Addison Wesley, Reading (MA).
- Flipo F., Gossart C. 2008. *Infrastructure numérique et environnement: L'impossible domestication de l'effet rebond*, in Terminal.
- Funtowicz S. O., Ravetz J., 1990. Post-normal Science: A New Science for New Times, *Scientific European*, No. 266, pp. 20-2.
- Funtowicz S., O'Connor M., 1999. The passage from entropy to thermodynamic indeterminacy: a social and science epistemology for sustainability, in Mayumi and J. M. Gowdy (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Georgescu-Roegen N., 1971a. The Entropy Law and the Economic Problem, in M. Bonaiuti (ed), *From Bioeconomics to Degrowth*, Routledge, London and New-York, 2011.
- Georgescu-Roegen N., 1971b. *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Georgescu-Roegen N., 2003. *Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, Bolaffi Boringhieri, Torino.
- Giampietro M., 1994. Sustainability and Technological Development in Agriculture: A Critical Appraisal of Genetic Engineering, *BioScience* 4410, pp. 677-89.
- Giampietro M., Mayumi K., 1998. Another View of Development, Ecological Degradation and North-South Trade, *Review of Social Economy*, 56, pp. 21-37.
- Giampietro M., Mayumi K., 2009. *The Biofuel Delusion: The Fallacy of Large Scale Agro-biofuel Production*. London, Earthscan.
- Gianpietro M., Pastore G., 1999. Biophysical roots of 'enjoyment of life' according to Georgescu-Roegen's bioeconomic paradigm, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Godbout J. T., 1996. *La langue du don*, Fides, Montréal.
- Godbout J. T., Caillé A., 1998. *The World of the Gift*, McGill-Queen's University Press.
- Godelier M., 1966. *Rationalité et irrationalité in économie*, Maspero, Paris.
- Goeller H. E., 1972. The ultimate mineral resource situation, *Proceedings of the national academy of science USA*, October, pp.2991-2992.
- Goffmann E., 1974. *Frame analysis An essay on the organization of experience*, Harper & Row.
- Gofman J. W., 1972. Time for a moratorium. *Environmental action*, November, pp.11-15.
- Goldschmidt R., 1933. Some Aspects of Evolution, *Science* 78, pp. 539-47.
- Goldschmidt R., 1940. *The Material Basis of Evolution*, New Haven (CT), Yale University Press.
- Gould S. J., 1977. The Return to Hopeful Monsters, *Natural History* 86, pp. 22-30.
- Gould S. J., 1985. *The Flamingo' Smile*, W. W. Norton, New York.
- Gould S. J., Eldredge N., 1977. Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered, *Paleobiology* 3, pp. 115-51.
- Gowdy J. M., 1993. Georgescu-Roegen Utility Theory Applied to Environmental Economics, in Dragan J.C., Demetrescu. M.C., Seifert E.K. (eds.), *Entropy and Bioeconomics*, Nagard, Milano.
- Gowdy J. M., 1997. The Value of Biodiversity: Markets, Society and Ecosystems, *Land Economics* 73(1), pp. 25-41.
- Gowdy J. M., Mesner S. 1998. The evolution of Georgescu-Roegen bioeconomics, in *Review of Social Economy*, 56 (2), pp. 136-156.
- Gowdy J. M., O'Hara S., 1997. Weak sustainability and viable technologies, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Gras A., 2007. *La choix du feu*, Fayard.
- Grinevald J., 2003. Georgescu-Roegen, Bioéconomie et Biosphère, in Bernard M., Cheynet V., Clémentin B. (eds.), *Objectif décroissance*, Parangon, Lyon, 2003.
- Groupe Marcuse, 2004. *De la misère humaine en milieu publicitaire – Comment le monde se meurt de notre mode de vie*, La Découverte, Paris.
- Haar D., 1959. The quantum nature of matter and radiations, in Blin-Stoyle R. J. et al. (eds.), *Turning Points in Physics*,

- North-Holland, Amsterdam, pp. 30-44.
- Haldane J. B. S., 1935. *The Causes of Evolution*, Cornell University Press, Ithaca N.Y.
- Haldane J. B. S., 1956. On Being the Right Size, in J.R. Newman, *The World of Mathematics*, Vol. 2, Simon and Schuster, New York.
- Hall C. A. S., Cleveland C. J., Kaufmann R., 1986. *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*, Wiley-Interscience, New-York.
- Hamilton J. D., 2009. Causes and Consequences of the Oil Shock 2007-2008, research paper at: <http://weber.ucsd.edu/~jhamilto/>
- Hammond, A. L., 1971. Solar energy: a feasible source of power?, *Science*, 14 May, pp. 660.
- Hardin G., 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 13 December, pp.1234-1248.
- Harvey D., 1990. *The Condition of Post-modernity*, Blackwell, New York.
- Hilty Lorenz M., *Information, Technology and Sustainability. Essays on the relationship between ICT and Sustainable Development*, Books on Demand, Norderstedt.
- Hirsch F., 1976. *Social Limits to Growth*, Routledge, London.
- Holdren J., Herera P., 1971. *Energy*, Sierra Club, San Francisco.
- Holland J. H., 1998. *Emergence: From Chaos to Order*, Oxford University Press.
- Holling C. S., 1973. Resilience and stability of ecological system, in *Annual Review of Ecological System*, 4, 1-24.
- Holling C. S., 1986, The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change, in Clark W. C., Munn R. E. (eds.), *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Illich I., 1973. *Tools for Conviviality*, Harper & Row, New York.
- Istock C.A., 1971. Modern environmental deterioration as a natural process, *International journal of environmental studies*, pp.151-155.
- J. Pearce D. W., Markandya A., Barbier E. B., 1989. *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan, London
- Jackson T., 2009. *Prosperity Without Growth*, Earthscan, London.
- Jameson F., 1984. The Politics of Theory: Ideological Positions in the Postmodernism, in *New German Critique*, No. 33, pp. 53-65.
- Jameson F., 1990. Cognitive Mapping, in Nelson C., Grossberg L., (eds.) *Marxism and the Interpretation of Culture*, University of Illinois Press, pp. 347-60.
- Jameson F., 1991. *Postmodernism: Or, the Cultural Logic of Late Capitalism*, Duke University Press, Durham, NC.
- Jevons W. S., 1924. *The Theory of Political Economy*, 4th edition, McMillan, London. (1st edition 1871)
- Kahneman D., Tversky A., 2000. *Choices, Values and Frames*, Cambridge University Press, New York.
- Kapp K.W., 1961. *Toward a Science of Man in Society*, Martinus Nijhoff, The Hague.
- Katchalsky A., Curran P. F., 1965. *Non-Equilibrium Thermodynamics in Biophysics*, Harvard University Press, Cambridge (MA.).
- Kaufmann, R., Azary-Lee I., 1991. A biophysical analysis of substitution, in Bradley D.P., Nilsson P.O. (eds), *Ecological economics: Its implication for forest management and research*, The Swedish University of Agricultural Sciences, St. Paul, MN.
- Kenny C., 1999. Does Growth Cause Happiness, or Does Happiness Cause Growth?, in *Kyklos*, vol. 52, n. 1, pp. 3-25.
- Khalil E.L., 1990. Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm Defensible?, in *Ecological Economics*, II, pp. 163-178.
- Kuik O., Verbuggen H., 1991. *In Search of Indicators of Sustainable Development*, Kluwer, London.
- Lakatos I., 1976. *Proofs and Refutations*, Cambridge University Press.
- Lakoff G., 2008. *The Political Mind*, Viking Penguin, New York.
- Lakoff G., Johnson M., 1980. *Metaphors we live by*, University of Chicago Press.
- Lamarck J. B. P. A., 1809. *Philosophie zoologique*, Paris.
- Lane D., 2006. Hierarchy, Complexity, Society, in Pumain D. (ed.), *Hierarchy in Natural and Social Sciences*, Springer, Netherland, pp. 81-119.vol. 3,
- Lane D., Pumain D., Leeuw van der S., West G. (eds.), 2009. *Complexity Perspectives in Innovation and Social Chan-*

- ge, Springer-Verlag, Berlin.
- Laplace de P. S., 1902. *A philosophical essay on probability*. John Wiley, New York.
- Latouche S., 1989. *L'occidentalisation du monde*, La Découverte, Paris.
- Latouche S., 1991. *La planète des naufragés. Essai sur l'après développement*, La Découverte, Paris.
- Latouche S., 2004. *Survivre au développement*, Fayard, Paris.
- Latouche S., 2006. *Le pari de la décroissance*, Fayard, Paris.
- Latouche S., 2009. *Farewell to Growth*, Wiley, New York.
- Latour B., 2004. *Politics of Nature. How to Bring the Sciences into Democracy*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Laville J.-L., 1994. *L'économie solidaire*, Desclée de Brouwer, Paris.
- Laville J.-L., Gardin L., 1996. *Les initiatives locales en Europe*, CRIDA, Paris.
- Lawn P., 1999. On Georgescu-Roegen's contribution to ecological economics, in *Ecological Economics*, vol. XXIX(1), pp. 5-8.
- Leach G., 1975. *Energy Analysis*, in *New Scientist*, LXV.
- Leontief W., 1971. Theoretical assumptions and non observable facts. *American Economic Review*, March, pp. 1-7.
- Lichnerowicz M., 1971. *Economie et thermodynamique: un modèle d'échange économique*, in *Economie et société*, October.
- Lorenz K., 1949. *Er redete mit den Vieh, den Vogel und den Fischen*, Borota-Schoeler, Wien.
- Lorenz K., 1973. *Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit*, Piper, München.
- Lorenz K., 1979. *Das sogenannte Böse*, Deutscher Taschenbuch-Verlag, München.
- Lorenz K., 1983. *Der Abbau des Menschlichen*, Piper, München.
- Lotka A. J., 1925. *Elements of Physical Biology*, Williams & Wilkins, Baltimore (Reprinted in 1956, Dover, New York.)
- Lotka A. J., 1944. *Evolution and thermodynamics*, in *Science and Society*, VIII.
- Lotka A. J., 1945. The law of evolution as a maximal principle, in *Human Biology*, XVII, 3.
- Lovelock J., 1979. *Gaia. A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press, Oxford
- Lovering, T. S., 1969. Mineral resources from the land, in Cloud P. (ed.), *Resources and man*, W. H. Freeman, San Francisco, pp. 109-134.
- Lozada G.A., 1991. A Defence of Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm, in *Ecological Economics*, III, pp. 157-160.
- Lozada G.A., 1995. Georgescu-Roegen's Defence of Classical Thermodynamics Revisited, in *Ecological Economics*, XIV, pp. 31-44.
- Lozada G.A., 1999. The role of entropy and energy in natural resource economics, in *Bioeconomics and Sustainability*, K. Mayumi and J. M. Gowdy (eds.), Edward Elgar Publishing, USA.
- Lozada G.A., Beard T.R., 1999. *Economics, Entropy and the Environment: The extraordinary Economics of N. Georgescu-Roegen*, Edward Elgar Publishing.
- Liotard J.F., 1979. *La condition postmoderne: rapport sur le savoir*, Minuit, Paris.
- Maddison A., 2005. *Growth and interaction in the world economy*, The AEI Press, Washington D.C.
- Maddison A., 2009. *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2006*, in www.ggdc.net/maddison
- Maddox J., 1972. Raw materials and price mechanism, *Nature*, 14 April, pp. 331-334.
- Maddox J., 1972b. *The doomsday syndrome*. McGraw Hill, New York.
- Magnaghi A., 2000. *A charter for democracy and local self-sustainable development*, Zed Books, London.
- Malinvaud E., 1979. The major issues, in E. Malinvaud (ed.), *Economic Growth and Resources. Proceedings of the 5th World Congress of the International Economic Association, Tokyo, 29 Aug.-3 Sept. 1977*, 5 vols., Macmillan, London 1979.
- Maneschi A., Zamagni S., 1997. Nicholas Georgescu-Roegen, 1906-1994, in *Economic Journal*, pp. 695-707.
- Marshall A., 1920. *Principles of economics*, 8th edition, MacMillan, London. (1st edition 1890).
- Martinez Alier J., 1987. *Ecological Economics*, Basil Blackwell Publisher Ltd., Oxford, U.K.
- Martinez Alier J., 1995. The environment as a luxury good or «too poor to be green», in *Ecological Economics*, XIII.

- Martinez Alier J., 1997. Some issues in agrarian and ecological economics, in memory of Georgescu-Roegen, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Martinez Alier J., 1999. From political economy to political ecology, in Mayumi K. and Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Martinez Alier J., 2002. *The Environmentalism of the Poor*, Edward Elgar Publishing.
- Martinez Alier J., Munda G., O'Neill J., 1998. Weak comparability of values as a foundation for ecological economics, in *Ecological Economics*, XXVI, 3.
- Mattelart A., 2000. *Histoire de l'utopie planétaire. De la cité prophétique a la société globale*, La Découverte, Paris.
- Mattelart A., 2003. *The information society. An introduction*, Sage Publications, London.
- Mattern, F., 2005. Die technische Basis für das Internet der Dinge. in: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): *Das Internet der Dinge*. Springer, pp. 39-66.
- Maturana H., Varela F., 1985. *The Tree of Knowledge*, New Sciences Library, Boston.
- Mauss, M. 1990 (1922). *The Gift: forms and functions of exchange in archaic societies*. London: Routledge.
- Mayumi K., 1993. Georgescu-Roegen's fourth law of thermodynamics and the flow-fund model, in *First International Conference, of the E.A.B.S., Roma, 1991*.
- Mayumi K., 2001. *The origins of Ecological Economics. The bioeconomics of Georgescu-Roegen*, Routledge, London.
- Mayumi K., 2009. Nicholas Georgescu-Roegen: His Bioeconomics Approach to Development and Change, *Development and Change*, 40, vol. 6, pp. 1235-54.
- Mayumi K., Gowdy J.M., 1999. Introduction: theory and reality - the life, work and thought of Nicholas Georgescu-Roegen, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Meadows D. H., Behrens W. W., Meadows L. D., Randers J., 1972. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project for the Predicament of Mankind*, Universe Books, New York.
- Meadows D. H., Meadows L. D., Randers J., 1992. *Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future*, Earthscan Publications, London.
- Meadows D. H., Meadows L. D., Randers J., 2004. *Limits to Growth: The 30-Year Update*, Chelsea Green Publishing Company and Earthscan.
- Mesner S., Gowdy J.M., 1999. Georgescu-Roegen's evolutionary economics, in *Bioeconomics and Sustainability*, Mayumi K. and Gowdy J. M. (eds.), Edward Elgar Publishing, USA.
- Miernyk W.H., 1999. Economic growth theory and the Georgescu-Roegen paradigm, in Mayumi K., J. M. Gowdy (eds), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Mirowski P. 1989. *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*, Cambridge University Press.
- Mishan E. J. 1970. *Technology and growth: the price we pay*, Praeger, New York.
- Mishan E. J., 1967. *The Costs of Economic Growth*, Praeger, New York.
- Morin E., 1977. *La méthode, I: La nature de la nature*, Seuil, Paris
- Morin E., 1980a. *La méthode, II: La vie de la vie*, Seuil, Paris
- Morin E., 1980b. *L'écologie généralisée*, Seuil, Paris
- Morrone M., 1991. Production Flexibility, in Hodgson G.M., Screpanti E. (eds.), *Rethinking Economics*, Edward Elgar Publishing, pp. 68-80.
- Morrone M., 1992. *Production Process and Technical Change*, Cambridge University Press.
- Morrone M., 1999. Production and time: a flow-fund analysis, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Nuti P., 1999. Sraffa's surplus vs. Georgescu-Roegen's entropy - A survey of energy issues and complexity in the history of economic thought, in *History of economic ideas*, 7(3), pp. 53-78.
- O' Connor M., 1991. Entropy, structure, and organisational change, in *Ecological Economics*, III, pp. 95-122.
- Odum E. P., 1983. *Basic Ecology*, Saunders College Publishing, Philadelphia
- Odum H. T., 1973. Energy, ecology and economics, in *Ambios*, VI.
- Opschoor J. B., 1997. The hope, faith and love of neoclassical environmental economics, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).

- Partant F. 1982. *La fin du développement*. La Découverte, Paris.
- Passet R., 1979. *L'économie et le vivant*, Payot.
- Pearce D. W., 1997. Substitution and sustainability: some reflection on Georgescu-Roegen, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Pearce D. W., Markandya A., Barbier, E. B., 1989. *Blueprint for a Green Economy*, London, Earthscan.
- Pearce D. W., Turner R. K., 1990. *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester-Wheatsheaf, London.
- Peet J., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz... but what is the real question?, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Perrings C., 1987. *Economy and Environment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Perrings C., 1997. Georgescu-Roegen and the irreversibility of material, in *Ecological Economics*, vol. 22 (Special Issue).
- Petty W., 1899. *The Economic Writings of Sir William Petty*, Hull C.H. (ed.), 2 vols., Cambridge University Press, Cambridge.
- Pezzey J., 1989. *Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development*, Working Paper No. 15, World Bank, Washington DC.
- Piacentini P., 1995. A time-explicit theory of production: Analytical and operational suggestion following a «Fund-Flow» approach, in *Structural change and economic dynamics*, pp. 461-83.
- Plepys A., 2002. The grey side of ICT, *Environmental Impact Assessment Review*, 22, pp. 509-523.
- Polanyi K., 1944. *The Great Transformation*, Holt, Rinehart & Winston Inc., New York.
- Polimeni J. M., Mayumi K., Giampietro M., Alcott B., 2008. *The myth of resource efficiency: The Jevons Paradox*, Earthscan, London.
- Prigogine I., 1967. *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*, 3rd edition, Wiley Interscience, New York.
- Prigogine I., 1971. Time, structure and entropy, in Zeman J. (ed.), *Time in Science and Philosophy*, Elsevier, Amsterdam.
- Prigogine I., 1973. Irreversibility as a Symmetry-Breaking Process, in *Nature*, No. 246.
- Prigogine I., 1996. *La fin des certitudes*, Jacob, Paris.
- Prigogine I., George C., Henin F., Rosenfield L., 1973. *A United Formulation of Dynamics and Thermodynamics*, in *Chemical Scripta*, I.
- Prigogine I., Nicolis G., 1977. *Self-Organization in Non-equilibrium Systems*, John Wiley & Sons.
- Prigogine I., Stengers I., 1979. *La Nouvelle Alliance. Les Métamorphoses de la Science*, Gallimard, Paris. (English edition: *Order Out of Chaos*, Bantam, New York, 1984).
- Rebanne K. K., 1995. Energy, entropy, environment: why is protection of the environment objectively difficult?, in *Ecological Economics*, XIII.
- Rennings K., Wiggering H., 1997. Steps toward indicators of sustainable development: linking economic and ecological concepts, in *Ecological Economics*, XX, 1.
- Ricardo D., 1951-55. *The Works and Correspondence of David Ricardo*, P. Sraffa (ed.), 10 vols., Cambridge University Press, Cambridge.
- Rifkin J., Howard T., 1980. *Entropy: A New World View*. Afterword by N. Georgescu-Roegen, New York, The Viking Press.
- Rist G., 1996. *Le développement. Histoire d'une croyance occidentale*, Presses de la Fondation national des sciences politique.
- Ropke I., 2005. Trends in the Development of Ecological Economics from the late 1980s to the early 2000s, in *Ecological Economics*, LV.
- Rumelhart, D.E., McClelland J.L., 1986. *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, 2 vols., MIT Press, Cambridge, MA.
- Ruth M., 1993. *Integrating economics, Ecology, and thermodynamics*, Kluwer, Dordrecht.
- Ruth M., 1995. Information, order and knowledge in Economic and ecological system: implication for material and

- energy use, in *Ecological Economics*, XIII, 2.
- Sachs W., 1992. (ed.), *The Development Dictionary*, Zed Books, London
- Sachs W., 1999. *Planet Dialectics*, Zed Books, London.
- Sachs, W., S. Tilman et al., 2007. *Fair Future. Resource Conflicts, Security, and Global Justice*, Zed Books, London.
- Samuelson P. A., 1990. Tribute to Nicholas Georgescu-Roegen, on his 85th Birthday, *Libertas Mathematica*, X, pp. 1-4.
- Scazzieri R., 1993. *A Theory of Production Tasks, Process and Technical Practices*, Clarendon Press, Oxford.
- Scazzieri R., 1999. A theory of resilient flow-fund linkages, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.) *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Schlegel R., 1973. The Entropy Law and the Economic Process, *Journal of Economic Issues*, vol. 7.
- Schrodinger E., 1944. *What is Life?*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Schumacher E. F., 1973. *Small Is Beautiful: A Study of Economics As If People Mattered*, Harper & Row Publishers.
- Schumpeter J. A., 1934. *The Theory of Economic Development*, Cambridge (MA), Harvard University Press. (1st German edition 1912).
- Simon H., 1962, The architecture of complexity: Hierarchic systems, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, pp. 467-482.
- Simon H., 1973. The organization of complex systems, in H. Pattee (ed), *Hierarchy Theory: The Challenge of Complex Systems*, G. Braziller, New York.
- Solow R. M., 1973. Is the End of the World at Hand?, in *Challenge*, XVI, March-April, pp. 39-50.
- Solow R. M., 1974. Intergenerational Equity and Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, Symposium.
- Solow R. M., 1974. The economics of resources or the resources of economics. Richard T. Ely lecture. *American economic review*, May, pp. 1-14.
- Solow R. M., 1986. On the Intertemporal Allocation of Natural Resources, in *Scandinavian Journal of Economics*, LXXXVIII, 1.
- Solow. R. M., 1997. Reply. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Stiglitz. J. E., 1997. Reply. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Tainter J., 1988. *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge University Press.
- Tani P., 1988. Flow, funds and sectorial interdependence in the theory of production, in *Political Economy, Studies in the surplus approach*, IV, 1.
- Thom R., 1972. *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Interédition, Paris.
- Thom R., 1980. *Paraboles et catastrophes*, Flammarion, Paris.
- Turner K. R., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: a pluralistic issue and interdisciplinary perspective, in *Ecological Economics*, XXII (Special Issue).
- Varela F., Maturana H. R., Uribe R., 1974. Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and model, in *Biosystems*, 5.
- Victor P.A., 1991. Indicators of Sustainable Development: Some Lessons from Capital Theory, in *Ecological Economics*, IV.
- Victor P.A. 2008. *Managing without Growth. Slower by Design not Disaster*. Edward Elgar Publishing, USA.
- Vivien F.D., 1999. From agrarianism to entropy: Georgescu-Roegen's bioeconomics from a Malthusian viewpoint, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.), *Bioeconomics and Sustainability*, Edward Elgar Publishing, USA.
- Wallerstein I., 2003. *Decline of American Power: The U.S. in a Chaotic World*, New Press, New York.
- Wallerstein I., 2004. *World-Systems Analysis: An Introduction*, Durham, Duke University Press, North Carolina.
- Wallerstein I., 2009. Capitalism's Demise, *The Asia-Pacific Journal*, February.
- Weston R., Ruth M., 1996. A dynamic, hierarchical approach to understanding and managing natural economic system, in *Ecological Economics*, University of Boston.
- Wilkinson R., Pickett K. 2009. *The Spirit Level: Why More Equal Societies Almost Always Do Better*, Allen Lane.
- Winston G. C., 1982. *The Timing of Economic Activities*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Zamagni S., 1979. Georgescu-Roegen: I fondamenti della teoria del consumatore, ETAS Libri, Milano.
- Zamagni S., 1999. Georgescu-Roegen on consumer theory: an assessment, in Mayumi K., Gowdy J. M. (eds.), *Bio-*

conomics and Sustainability, Edward Elgar Publishing, USA.

Zemansky M. W., 1968. Heat and Thermodynamics, McGraw-Hill, New York.

Capitoli 4 - 5

- Alcott B., 2008. The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact? *Ecological Economics* 64, 770-786
- Borup M. et al., 2006. The Sociology of Expectations in Science and Technology. *Technology Analysis and Strategic Management* 18 (3-4), 285-298.
- Brown N., Michael M., 2003. A Sociology of Expectations: Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects. *Technology Analysis and Strategic Management* 15 (1), 3-18
- Callon M., 1986. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In Law J., *Power, action and belief: a new sociology of knowledge?* London, Routledge, pp.196-223.
- Confindustria, 2011. Proposte per il Piano Nazionale di Efficienza Energetica. Task Force Efficienza Energetica. Commissione Energia di Confindustria.
- Gossart C., 2010. Quand les technologies vertes poussent à la consommation. *Le Monde Diplomatique*, Luglio 2010, 20-21.
- Greenpeace Italia, 2008. La rivoluzione dell'efficienza: il potenziale di efficienza energetica negli usi finali di energia elettrica in Italia al 2020 e i benefici connessi.
- Guice J., 1999. Designing the future: the culture of new trends in science and technology. *Research Policy* 28, 81-98.
- Illich I., 1975. *Descolarizzare la società*. Mondadori. Milano.
- Korhonen J., Seager T. P., 2008. Beyond Eco-Efficiency: a Resilience Perspective. *Business Strategy and the Environment* 17, 411-419.
- Latour B., (1998). *La scienza in azione: introduzione alla sociologia della scienza*. Edizioni di Comunità, Torino.
- Magnani N., 2011. in in (a cura di) Pellizzoni L. *Conflitti ambientali: Esperti, politica, istituzioni nelle controversie ecologiche*, Il Mulino, Bologna.
- Morozov E., 2011. *L'ingenuità della rete: il lato oscuro della libertà di internet*. Codice edizioni. Torino.
- Owen D., 2010. The Efficiency Dilemma. *The New Yorker*, 20 December 2010, 78-85.
- Polimeni J. M. et al., 2009. The Myth of Resource Efficiency: The Jevons Paradox. *Earthscan*, London e Sterling (VA).
- Pollock N., Williams R., 2010. The business of expectations: how promissory organizations shape technology and innovation. *Social Studies of Science* 40 (4), 525-548.
- Rip A., 2006. Folk Theories on Nanotechnologists. *Science as Culture* 15 (4), 349-365.
- Røpke I., Christensen T. H., Jensen J. O., 2010. Information and communication technologies – A new round of household electrification. *Energy Policy* 38, 1764-1773.
- Rosa H., Scheuerman W. E. (eds), 2009. *High-speed society: social acceleration, power and modernity*. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania.
- Schneider F., (2008). Macroscopic rebound effects as argument for economic degrowth. First international conference on Economic De-growth for Ecological Sustainability and Social Equity, Paris, 18-19 Aprile.
- York R., Rosa E. A., Dietz T., (2003). Footprints on the Earth: the environmental consequences of modernity. *American Sociological Review* 68, 279-300.
- Žižek S., (2009). *In difesa delle cause perse: materiali per una rivoluzione globale*. Ponte alle Grazie. Milano.

Capitolo 6

- Allcott, H., 2011. Social norms and energy conservation. *Journal of public economics*, 95, 9-10, pp. 1082-1095.
- Arvola, A., 1993.. Billing feedback as a means to encourage household electricity conservation: a field experiment in Helsinki. In R. Ling and H. Wilhite (Eds.) *The Energy Efficiency Challenge For Europe*. Proceedings of ECEEE, Denmark, June 1993.
- Brandon G., Lewis A., 1999 Reducing household energy consumption: a qualitative and quantitative field study. *Journal of environmental psychology*, 19, pp. 75-85.
- Chong, E. e U. Dubois. Household vulnerability and energy conservation behavior, unpublished.
- Darby, S., 2006. The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Environmental Change Institute, University of Oxford.
- De Young, R., 1993. Changing behaviour and making it stick. The conceptualization and management of conservation behaviour. *Environment and Behavior* 25: 485-505.
- Di Andrea F., Danese A., 2004. Misure dei consumi di energia elettrica nel settore domestico. Risultati delle campagne di rilevamento dei consumi elettrici presso 110 abitazioni in Italia eERG, end-use Efficiency Research Group, Dipartimento di Energetica, Politecnico di Milano, disponibile a http://www.eerg.it/index.php?p=Progetti_-_MICE.
- Diekmann, A., Preisendörfer, P., 2003. Green and greenback. The behavioral effects of environmental attitudes in low-cost and high-cost situations. *Rationality and Society*, 15, 4, pp. 441-472.
- Fisher, C., 2008. Feedback on household electricity consumption: a tool for energy saving, *Energy Efficiency*, 1: 79-104.
- Gabbriellini Simone Gabbriellini, 2011. Simulare meccanismi sociali con NetLogo. Una introduzione. FrancoAngeli, Bologna, pp.144
- IEA (International Energy Agency) 2008. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency. Key Insights from IEA Indicator Analysis., disponibile a http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2026
- IEA (International Energy Agency) 2011. Key World Energy Statistics. Disponibile a http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key_world_energy_stats-1.pdf
- ISTAT, Indagine sui consumi delle famiglie, edizione 2009. Disponibile su web a <http://www.istat.it/it/archivio/4021>
- Kollmuss, A., J. Agyeman, 2002. Mind the Gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour? *Environmental Education Research* 8(3): 239-260.
- Lorentz A. e Woersdorfer J.S. 2009. Energy-efficient household appliances and the rebound effect - A model on the demand for washing machines, <http://www.esee2009.si/papers/Woersdorfer-Energy.pdf>.
- Lorenzoni, I., S. Nicholson-Cole, L. Whitmarsh, 2007. Barriers perceived to engaging with climate change among the UK public and their policy implications. *Global Environmental Change* 17,445-459.
- Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. Boston: Shambhala Publications
- Pallak, M., Cook, D. & Sullivan, J., 1980.. In L. Bickman Ed.. *Commitment and Energy Conservation*. *Applied Social Psychology Annual* 1, pp. 235-253.
- Parti M., Parti C., 1980. The Total and Appliance-Specific Conditional Demand for Electricity in the Household Sector, *The Bell Journal of Economics*, 11, 1, pp. 309-321.
- Realacci E. (2012) *Green Italy. Perché ce la possiamo fare*. Milano: Chiarelettere.
- Stern, P. C., Aronson, E., 1984. *Energy Use: the human dimension*. New York: Freeman.
- the Summer Study of the European Council for an Energy Efficient Economy, 1999, paper no. 3-2.
- Ueno, T., Inada R., Saeki O., Tsuji K., 2006. Effectiveness of displaying energy consumption data in residential houses Analysis on how the residents respond. In *ECEE 2005 – What works & Who delivers?* Proceedings of the European Council for an Energy Efficient Economy.
- van Houwelingen J.H., van Raaij W.F., 1989. The Effect of Goal-Setting and Daily Electronic Feedback on In-Home Energy Use. *Journal of consumer research*, 16, 1, pp.98-105.

- van Raaij W.F., Verhallen T.M.M., 1983. A behavioral model of residential energy use. *Journal of economic psychology*, 3, pp. 69-83.
- Wilhite, H., 2001. What can Energy efficiency policy learn from thinking about sex? eceee (European Council for an Energy Efficient Economy) 2001 Summer Study proceedings "Further than ever from Kyoto? Rethinking energy efficiency can get us there", pp.331-341.
- Wilhite, H., 2008. New thinking on the agentive relationship between end-use technologies and energy-using practices. *Energy Efficiency* 1, 121-130.
- Wilhite, H., Høivik, A., & Olsen, J.-G. (1999). Advances in the use of consumption feedback information in energy billing: The experiences of a Norwegian energy utility. Paper presented at the Summer Study of the European Council for an Energy Efficient Economy, 1999, paper no. 3-2.