

PER UN APPROCCIO MICROFONDATO ALLO STUDIO DEL METABOLISMO URBANO : UNA
PROPOSTA METODOLOGICA

Dario Padovan¹,Alessandro Sciullo²

SOMMARIO

Il contributo vuole proporre una possibile direzione di rinnovamento nei concetti e nei metodi di studio del metabolismo urbano con l'obiettivo di fornire una conoscenza più approfondita del fenomeno e strumenti di intervento più efficaci per ridurre l'impatto ambientale delle città aumentando l'efficienza dei loro processi metabolici.

Dopo un inquadramento generale della metafora metabolica applicata allo studio dei sistemi urbani, vengono delineati i tratti principali della proposta sul piano teorico e metodologico con particolare attenzione al tema dei rifiuti solidi urbani(RSU). Gli RSU rappresentano da una parte il più consistente spreco di risorse rilevabile all'interno di un sistema urbano sia in termini di materiali che di energia, dall'altra producono un ingente impatto sull'ambiente. La produzione di RSU è quindi un importante indicatore quantitativo e qualitativo dell'efficienza di un sistema urbano, in particolare con riferimento all'utilizzo di risorse naturali. La prevenzione e riduzione degli RSU sono tematiche al centro dei percorsi di sviluppo sostenibile promossi dall'Unione Europea, nel tentativo di scollegarli dai processi di crescita economica.

A partire dai concetti e metodi finora proposti in letteratura, il contributo muove verso la considerazione della microgenerazione dei processi metabolici rilevabili a livello di sistema urbano aggregato. Adottando il modello concettuale dei regimi di regolazione urbana, rispetto al quale la teoria delle pratiche occupa un posto di primaria importanza, l'obiettivo è quello di predisporre un modello olistico in cui il metabolismo urbano emerge al livello macro-aggregato della città nel suo complesso come un risultato dei comportamenti, delle pratiche e delle interazioni tra agenti e attanti ai diversi livelli (meso e micro) del sistema urbano (famiglie, imprese, comunità e pubbliche amministrazioni). Sulla base di questa rinnovata lettura, l'auspicio è di fornire elementi utili per immaginare interventi di orientamento dei comportamenti dei componenti il sistema urbano, e quindi potenzialmente molto localizzati in termini spaziali e sociali, che risultino però efficaci per il sistema nel suo complesso.

¹ Dipartimento di Cultura Politiche e Società Università di Torino

² Dipartimento di Cultura Politiche e Società Università di Torino, IRES Piemonte

1 I principali approcci di ricerca allo studio del Metabolismo Urbano

1.1 Il quadro concettuale

L'utilizzo della metafora del *metabolismo* nell'analisi di quanta (e quale) energia e quanti (e quali) materiali (materie prime, acqua, biomassa) sono consumati dai sistemi socio-economici è una ipotesi di lavoro che si può far risalire a un ormai celebre studio condotto negli USA a metà degli anni '60 da Wolmann (1965). Da allora seppure con diversi approcci e diverse metodologie (Baynes et al 2012, Chen et al 2015, Dinares 2014, Holmes 2012, Rapoport 2011, Zhang et al 2015, Zhang 2013), un crescente numero di ricercatori ha adottato la prospettiva dell'analogia tra i processi che caratterizzano i sistemi sociali e il metabolismo dei sistemi naturali (organismi individuali ed ecosistemi) che si traduce in un assunto fondamentale: le organizzazioni sociali crescono assorbendo 'nutrienti' dall'esterno dei propri confini e reimmettono rifiuti nell'ambiente circostante. Oltre ad essere una semplice metafora utile per la rappresentazione di un fenomeno, il concetto di metabolismo è un costrutto teorico finalizzato a comprendere, spiegare e misurare le relazioni di scambio che intercorrono tra i sistemi umani e il proprio ambiente fisico di riferimento. Il metabolismo, caratteristica intrinseca della riproduzione di qualsiasi organismo, riferito al contesto sociale consiste in un meccanismo di input/output orientato alla conversione di materia ed energia in artefatti utili (Padovan, 2014). Attraverso l'adozione dell'approccio metabolico nella descrizione delle relazioni di scambio tra sistemi socio-economici e ambiente, i ricercatori possono utilizzare strumenti e metodi sviluppati lungo oltre un secolo di tradizione di studio dei sistemi ecologici e dei loro processi metabolici nell'ottica del miglioramento dei processi di trasformazione urbana (Zhang 2015).

L'approccio metabolico rimanda quindi al complesso dei processi di riproduzione del sistema sociale oggetto di osservazione e delle sue parti. Le diverse proposte teoriche e metodologiche riconducibili alla tradizione del metabolismo sociale possono essere distinte innanzi tutto sulla base del sistema posto al centro dell'attenzione (Padovan et al 2015): il Metabolismo Industriale, il Metabolismo Familiare, l'approccio MuSIASEM (Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism) e il Metabolismo Urbano. Ognuna di queste declinazioni del concetto di metabolismo si caratterizza per un certo grado di specificità dei metodi quantitativi utilizzati nell'analisi degli scambi metabolici tra i sistemi sociali e naturali. Sebbene siano strettamente correlati, nel seguito la nostra attenzione sarà rivolta in particolare al Metabolismo Urbano dal momento che i sistemi urbani vanno acquisendo sempre più rilevanza nell'organizzazione delle attività umane e nella produzione degli effetti (positivi e negativi) da essa derivanti. Su scala globale, infatti, le città sono responsabili per il 75 % del consumo di energia e per il 70% della produzione di GHG (Green House Gasses) pur occupando appena il 2% della superficie terrestre e ospitando più o meno la metà della popolazione (Padovan et al , 2014)³. Dal momento che la domanda di materia ed energia per il sostegno della crescita dei sistemi urbani continua ad aumentare, la comprensione del metabolismo delle città diventa estremamente importante per gli studi sulla sostenibilità e strategica nell'elaborazione di adeguate *policies* di ambito. Le città costituiscono insomma ad un tempo il problema e la soluzione per le sfide della sostenibilità di un mondo sempre più urbanizzato (Grimm et al., 2008).

Nel corso della sua maturazione come prospettiva di analisi, la metafora metabolica si è declinata in due orientamenti di massima per lo studio della sostenibilità dei sistemi urbani: il primo assimila le città a sistemi biologici individuali (organismi); il secondo a sistemi composti da elementi differenti interagenti in ambienti eterogenei (ecosistemi). Sulla base delle analogie con il metabolismo degli organismi biologici, il MU si è via via affermato come un metodo efficace per valutare, in base ai flussi di energia e materiali, la sostenibilità dei sistemi urbani e la rilevanza dei problemi ad essa connessi e riconducibili ad una crescita eccessiva dei processi metabolici sociali, comunitari e delle famiglie con un orizzonte di osservazione che dal locale porta al globale. Altri ricercatori ritengono che non si possano trattare le città alla stregua di

³ Le indicazioni riportate sono prese dal report Cities and Climate Change global report on Human settlements (2011), United Nations Human Settlement Program, disponibile all'URL <http://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3086&alt=1>

organismi ma , piuttosto, come sistemi ibridi (Swyngedouw 2006) che combinano molteplici organismi (umani, animali e vegetali) secondo modalità che le fanno somigliare più ad ecosistemi che a organismi individuali, la qual cosa consente di simulare i processi di trasformazione di materia ed energia utilizzando la conoscenza e la strumentazione analitica sviluppata all'interno del dominio della ricerca ecosistemica (Zhang et al 2014). Quest'ultima impostazione è quella che si adotterà nel presente lavoro.

Al netto di questa pur importante differenza di prospettiva, le città, al pari di organismi biologici ed ecosistemi, processano e trasformano *inputs* (materiali grezzi, cibo, acqua, energia di varia fonte) in *outputs* (strutture e infrastrutture fisiche, biomassa, emissioni in atmosfera, rifiuti solidi e liquami) (Kennedy 2012) . Elementi caratteristici dello specifico sistema urbano quali la tipologia dell'edificato (la conformazione, la qualità e l'età dello stock di edifici), la vegetazione urbana e le tecnologie di trasporto possono considerevolmente influenzare il tasso metabolico della città (Holmes 2012) laddove l'efficienza del processo metabolico è misurata come rapporto tra gli *inputs* e gli *outputs*.

Pur riconoscendo l'utilità e la ragionevolezza di questo quadro 'positivistico' che si fonda sulla trasferibilità degli strumenti analitici e conoscitivi tra scienze naturali e sociali, è utile rilevare alcuni elementi di criticità (su cui ci sarà modo di tornare più avanti, par.2) nelle modalità sinora adottate di applicazione della metafora metabolica.

In primo luogo, le città non sono solo entità fisiche ma anche 'macchine' simboliche, culturali e sociali. Da questo si ricava che un approccio di osservazione ispirato al MU dovrebbe consistere non solo di cicli materiali ed energetici ma anche della considerazione di processi fisici e sociali altamente 'politicizzati'. In questo senso, alcuni ricercatori si ispirano al superamento del dualismo società-natura e arrivano a vedere la città come processo di natura trasformata metabolicamente, una intersezione dinamica tra le dimensioni sociali e biofisiche dello spazio urbano, un ibrido socio-naturale, un *cyborg* costituito in parte da organismi, in parte da macchine e infrastrutture (Swyngedouw cit.,Padovan 2014).

Una seconda cruciale differenza tra un sistema biologico e un sistema sociale risiede nel fatto che in natura lo scambio di materia ed energia con l'ambiente è orientato alla semplice, non teleologica, riproduzione dell'organismo e dell'ecosistema stesso. Di conseguenza le modalità di ricostituzione e trasformazione degli elementi necessari per la riproduzione dei sistemi cambiano molto lentamente e, soprattutto, quando si raggiunge un equilibrio vengono mantenute nel tempo. Il metabolismo sociale caratterizzante gli aggregati umani e le città in particolare non è invece orientato alla ricerca di una condizione di equilibrio. Per gli scienziati sociali che osservano questi fenomeni è arduo individuare limiti alla crescita fisica degli oggetti da consumare e dei conseguenti rifiuti da immettere nell'ambiente ovvero, in una parola, alla crescita delle attività dell'intero sistema sociale.

L'ultimo rilievo richiama questioni direttamente connesse con la sostenibilità del MU e in particolare con il consumo delle risorse e la loro degradazione in rifiuti. Processi metabolici troppo rapidi e lineari possono minare la stabilità sociale attraverso la configurazione di elementi di crisi potenziale quali, per esempio, lo scarto tra il consumo e la disponibilità di risorse e la presenza di flussi che formano dei 'cicli aperti' (ovvero dissipazioni dai sistemi) pertanto non sostenibili. A fronte del possibile insorgere di questi elementi critici, è fondamentale incoraggiare flussi circolari di materia (nella prospettiva della cosiddetta *circular economy*) trasformando, nei limiti delle possibilità, rifiuti ed emissioni in risorse da riutilizzare.

A fronte di queste cautele nella sovrapposizione puntuale di sistemi biologici e sociali, rimane un punto fermo il fatto che la capacità di osservare e misurare i processi metabolici in atto diventa preconditione per il loro cambiamento. In questo senso ci sembra necessario un rinnovamento del quadro concettuale e delle metodologie applicate allo studio del MU affinché sia possibile predisporre e incoraggiare azioni strategiche al livello dei *decision makers* (*urban planners* e amministratori) e pratiche coerenti al livello del sistema sociale più ampio. L'auspicio, rispetto al quale questo contributo vuole fornire alcuni primi elementi di riflessione, è che il paradigma del MU evolva nella direzione del fornire una piattaforma multidisciplinare e integrata che guardi alla città come ad un sistema complesso e ne esamini i relativi flussi di materia ed energia come fenomeni risultanti (emergenti) dall'interazione di fattori sociali, economici ed ambientali.

1.2 Prospettive di analisi

Nella relativamente ampia gamma di paradigmi analitici adottati nello studio del MU un tratto comune è il richiamo al principio della conservazione della massa e dell'energia. Idealmente, questa impostazione richiede una quantificazione di tutti i flussi di materia ed energia che entrano ed escono dai confini cittadini generalmente in un periodo pari all'anno solare, avendo cura di considerare anche la variazione nello stock interno ai confini urbani. Nella pratica, il MU è quantificato come inputs, outputs e stoccaggio di energia, materiali, nutrienti, acqua e rifiuti. Ad un primo livello di analisi, il MU è solitamente studiato attraverso l'utilizzo di misure aggregate al livello del sistema oggetto di osservazione (senza con ciò escludere la possibilità di analisi condotte a livello di maggiore dettaglio) quali il consumo annuo di elettricità o acqua, così come per il metabolismo umano si prendono in considerazione indicatori aggregati quali il consumo quotidiano di energia o ossigeno (Kennedy et al., 2014).

Questa è l'impostazione generale delle diverse metodologie e delle diverse tecniche che sono state proposte dai ricercatori in particolare negli ultimi venti anni di sviluppo della disciplina che hanno provveduto a declinarla a differente grado di dettaglio in un percorso di evoluzione della prospettiva analitica che si può, sinteticamente, riassumere in tre passaggi fondamentali (Zhang 2015).

Il punto di partenza è rappresentato dai cosiddetti *black box models* nei quali le componenti interne del sistema urbano non vengono considerate. I *black box models* si concentrano sugli inputs e outputs globali di una città ricercando una misura dell'intensità della sua attività metabolica attraverso la predisposizione di indicatori a scala macro, così come al funzionamento del corpo umano si applicano misure quali peso, temperatura e pressione sanguigna. Questo tipo di modelli possono essere utili, e utilizzati, quando sono disponibili pochi dati a un basso livello di dettaglio e restituiscono una lettura ad alto livello dell'efficienza metabolica urbana e della conseguente sostenibilità del sistema considerato.

Si è poi sviluppata una seconda famiglia di modelli, i *subsystem models*, che si orientano al disvelamento dei componenti del sistema urbano responsabili dei flussi metabolici in esso rilevati. Questi modelli individuano dei sottosistemi urbani (produzione, distribuzione e consumo, assistenza sanitaria, trasporto ...) e cercano di descrivere i flussi tra questi sottosistemi e i fattori che li influenzano, così come, proseguendo con l'analogia rispetto al corpo umano, si può porre attenzione al funzionamento dei singoli organi e alla connessione fisiologica tra di essi (ad esempio, il funzionamento del cuore e dei vasi sanguigni). Per condurre questa ipotesi di ricerca, che produce contenuti informativi più dettagliati e in qualche modo più efficaci rispetto alla precedente, è però necessario disporre di dati di più fine granularità, non sempre facilmente reperibili.

I *modelli di simulazione*, ultimi arrivati, sono infine stati adottati nell'ottica di affinare ulteriormente l'analisi del funzionamento interno dei sistemi urbani accogliendo il paradigma della complessità come lente di osservazione. Questa impostazione si traduce, in termini concettuali, nel riconoscimento di alcune caratteristiche distintive delle dinamiche urbane quali le interazioni sistemiche, i meccanismi di feedback (e quindi la considerazione di flussi circolari e non solo lineari), le relazioni di rete e i rapporti di agenzia e, in termini operazionali, si rivolge alla rappresentazione della dinamica dei fenomeni più che alla descrizione della realtà fattuale. Prendendo in considerazione le condizioni di vita reale dei sistemi tali modelli hanno la pretesa di rappresentarel'interazione dei flussi metabolici, la loro evoluzione nel tempo e le loro caratteristiche di rete. Da una parte, l'applicazione del concetto di rete consente il superamento dei *black box models* attraverso la trasformazione dei processi di un sistema metabolico urbano in descrizioni matematiche di flussi tra componenti sociali e funzionali interne alla città che rappresentano i nodi del sistema. Dall'altra, andando oltre la staticità dei modelli precedenti che erano finalizzati ad individuare il valore di parametri in un preciso istante nel tempo (l'efficienza metabolica, ad esempio), questi modelli sono dinamici ovvero predisposti per la rappresentazione dell'evoluzione del sistema nel tempo generalmente attraverso il ricorso alle tecniche della System Dynamics.

Una diversa qualificazione degli approcci analitici sviluppati fino ad oggi per lo studio del MU può poi essere condotta sulla base della considerazione dell'oggetto di indagine. Si possono infatti, con un certo grado di semplificazione, distinguere due categorie di approcci con dirette implicazioni sulle metodologie di ricerca impiegate:

- approcci *element-based* che si focalizzano, verticalmente, su flussi e stocks specifici di risorse degli ecosistemi urbani predisponendo un range variamente ampio di indicatori aggregati (si veda tabella 1 come esempio) e adotta tecniche di contabilità (quali material flow analysis, life cycle analysis).
- approcci *structure-based*, che si focalizzano sullo studio del metabolismo attraverso la considerazione della specifica configurazione del sistema urbano, delle interazioni tra le sue componenti e dei processi economici e biofisici che in esso si sviluppano con particolare attenzione alla circolarità dei flussi. Questo approccio si muove nella direzione di aprire la scatola nera dell'sistema urbano in modo da supportare lo sviluppo di una 'sostenibilità forte (o di sistema)' attraverso la ricostruzione delle mutue relazioni e dei percorsi di scambio tra i diversi settori socio-economici e l'ambiente circostante e rimanda a tecniche di rappresentazione della complessità interna del sistema che vanno dall'analisi intersectoriale attraverso matrici Input/Output, alla Network Analysis ai già richiamati modelli di simulazione.

Alla luce di quanto sopra sinteticamente esposto, la ricerca sul MU sembra essere evoluta dalle sue origini di mera contabilità fino al punto da poter offrire importanti approfondimenti nel funzionamento di un sistema urbano spostandosi da modelli lineari di ingresso-uscita di risorse verso la rappresentazione dei processi ciclici e di interazione in un contesto di rete. Tuttavia, nonostante questa crescente complessità delle metodologie applicate allo studio del MU, ad oggi il *framework* comunemente adottato nelle ricerche in questo campo rimane ancora quello dei modelli lineari *Inputs* (Ingressi di materiale e energia)->*Outputs* (produzione di rifiuti ed emissioni) seppure declinati a diversi livelli di dettaglio e di scomposizione del sistema osservato. Alcuni modelli sono basati sulla misurazione di una serie di indicatori aggregati (tabella 1) all'interno di un approccio fondamentalmente riconducibile ai *black box models* (schema A in figura 1) che considera il sistema nel suo insieme; altri, con un maggiore grado di scomposizione, si orientano alla considerazione del funzionamento interno dei sistemi urbani e ne individuano alcuni processi caratteristici (*settlement dynamics* nello Schema B di figura 1).

Figura 1- Due schemi I – O di Metabolismo Urbano

Schema A (Kennedy 2014) flussi in entrata (I), flussi in uscita (O), flussi interni (Q), stoccaggio(S), produzione (P) di biomassa (B), minerali (M), acqua(W) ed energia (E)

Schema B (Newman, 1999) Modello metabolico esteso degli insediamenti umani

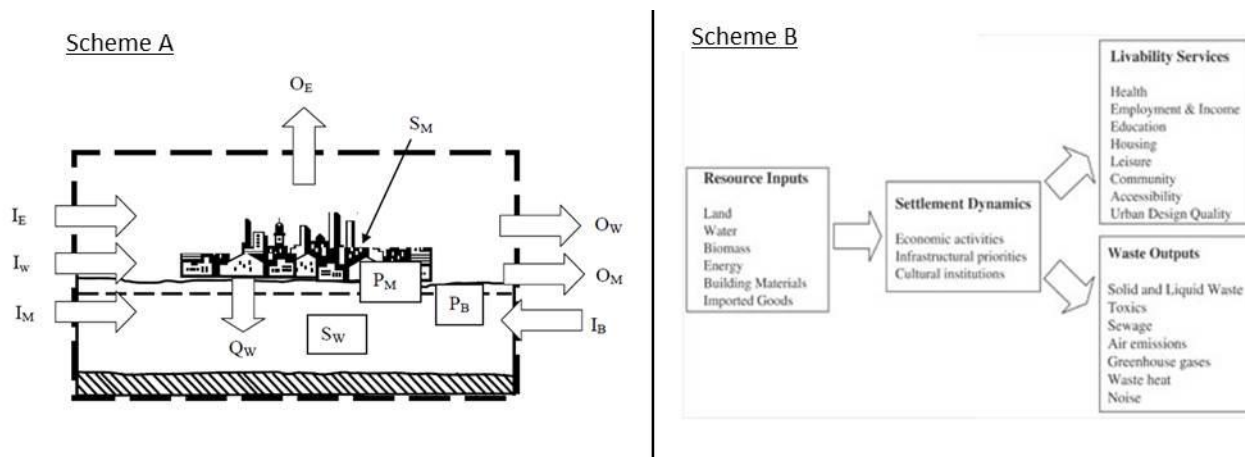


Tabella 1- Misure per il Metabolismo Urbano (adattamento da Kennedy 2012)

FLUSSO/STOCK	MISURA
Flussi entranti	Cibo
	Acqua (di rete, precipitazioni, estrazioni da falda)
	Materiali da costruzione (primariamente cemento, conglomerati, acciaio)
	Combustibili fossili (per tipologia)
	Elettricità
	Radiazione solare
	Azoto e fosforo (nutrienti per agricoltura)

Flussi prodotti	Cibo Materiali da costruzione
Stocks	Azoto e Fosforo Rifiuti Solidi Urbani in discarica Rifiuti da costruzione/demolizione
Flussi uscenti	Rifiuti: solidi conferiti in discarica esterna; solidi incineriti; solidi riciclati e inviati all'esterno; acque di scarico; azoto e fosforo Emissioni in atmosfera: SO ₂ ; Nox; CO; Sostanze volatili organiche; Particolato; Metano; Ozono

2 La necessità di una rinnovata proposta teorica e metodologica

2.1 Punti di forza e limiti degli attuali approcci metodologici

Il quadro concettuale alla base dello studio del MU, per come brevemente descritto nella sezione precedente, evidenzia alcune caratteristiche utili nella prospettiva di comprendere e gestire l'accelerazione della crescita delle città e il relativo consistente aumento nella domanda di input di materiali ed energia. In particolare, l'approccio metabolico consente di identificare con chiarezza i confini del sistema urbano, fornisce un dimensionamento degli inputs e degli outputs connessi al funzionamento della città, richiama l'attenzione sui risultati in termini di sostenibilità delle iniziative di policy e delle tecnologie ed infine promuove una proficua integrazione tra scienza sociale, discipline bio-fisiche e tecnologiche (Zhang 2013, Zhang 2015).

Questi indubbi punti di forza si basano sullo sforzo prodotto dalla comunità scientifica che si dedica ai temi della sostenibilità per predisporre una strumentazione rigorosa finalizzata all'analisi delle principali traiettorie di immissione, trasformazione e emissione di energia e materiali in un sistema a differenti livelli di scala. L'applicazione di questa ormai sufficientemente consolidata metodologia può giocare un ruolo importante nello sviluppo di strategie di gestione dei sistemi urbani che siano volte all'aumento dell'efficienza nell'uso delle risorse, nel riutilizzo dei materiali, nel riciclo dei rifiuti e nella conservazione dell'energia.

Nonostante le differenze di prospettiva proprie degli approcci allo studio dei processi metabolici, brevemente richiamati sopra, è possibile identificare alcune tecniche di quantificazione e rappresentazione dei flussi che si sono andate affermando come patrimonio comune della comunità scientifica che si occupa di sostenibilità (Holmes et al 2012):

- la misurazione dell' *Emergy*, ovvero dell'energia *embedded*, che è un tentativo di quantificazione dell'energia usata direttamente o indirettamente per la realizzazione di un prodotto o l'erogazione di un servizio. Questa metodologia considera il lavoro svolto dai sistemi naturali e umani nella generazione di prodotti e servizi ed ha l'ambizione di rappresentare una metrica comune ai due sistemi in modo da connettere più facilmente le analisi degli ecosistemi e dei sistemi socio-economici (Herenden 2004, Dinares 2014)
- la *Material Flow Analysis (MFA)* che, basata sul principio di conservazione della massa (per cui dato un Sistema, la massa entrante = massa uscente + variazioni nello stock), è la metodologia più diffusa e consolidata (European Commission 2001). La MFA misura la quantità di materia che attraversa un sistema in un determinato periodo di tempo o, in altre parole, quantifica i flussi entranti, le variazioni degli stock e dei flussi interni e gli output prodotti e fornisce, in tal modo, una comprensione a livello di sistema di come una città (o altri aggregati geografici e amministrativi) funziona (Zhang et al 2013, Clift et al 2015)
- la *Life Cycle Assessment (LCA)*, anch'essa una tecnica consolidata e ampiamente formalizzata⁴, è finalizzata alla valutazione dei potenziali impatti ambientali di prodotti e servizi commercializzati

⁴ A livello internazionale tale procedura è standardizzata dalle norme ISO 14040 e 14044

all'interno di un sistema economico attraverso la ricostruzione del loro intero ciclo di vita (*cradle-to-grave*) e la relativa assegnazione al processo degli effetti ambientali indotti direttamente, indirettamente e associati all'intera filiera di produzione (Clift et al, cit.).

La conoscenza risultante dall'applicazione di questi strumenti consiste nell'identificazione degli effetti associati ai processi di utilizzo di energia e materiali e nell'isolamento delle aree (di attività) che necessitano di maggiore attenzione in ottica di sostenibilità e può quindi rappresentare la base su cui pianificatori e amministratori (pubblici e privati) possono individuare strategie per un uso più efficiente delle risorse con la conseguente riduzione dell'impatto ambientale delle attività umane. Questa potenzialità rimane però ancora in parte inespressa per alcuni limiti degli attuali approcci di studio.

E' importante sottolineare innanzi tutto come la condivisione di queste metodologie di indagine che in sé può rappresentare un punto di forza, per altro verso si è tradotta in vincolo all'evoluzione dell'approccio metabolico per come si è sviluppato finora. In primo luogo, da un punto di vista meramente tecnico, questa condivisione di metodi si è scontrata con un'eccessiva eterogeneità delle metriche utilizzate in massima parte dovuta alla non universale disponibilità di dati attendibili. Questa eterogeneità ha costretto i ricercatori a modulare le analisi sul materiale informativo effettivamente disponibile, e a produrre risultati che, in sé frutto di ricerche rigorose, sfuggono spesso alla possibilità di un proficuo confronto con ricadute negative sul consolidamento di un patrimonio di conoscenze frutto di un processo cumulativo che fatica ad avviarsi. Anche a livello aggregato vi sono infatti diverse possibili misure di energia e di flussi di materia principalmente in quanto la raccolta di dati utili per questo ambito di ricerca è una sfida notevole dal punto di vista della produzione del dato e non tutti i sistemi urbani sono coperti da sistemi informativi sufficientemente strutturati. In secondo luogo, da un punto di vista più teorico ma non meno rilevante, la focalizzazione sugli strumenti di contabilità è andata consolidando un quadro concettuale meramente tecnico-ingegneristico che privilegia un framework deterministico e sacrifica molti aspetti propri delle dinamiche complesse delle società umane, minando la comprensione profonda dei meccanismi su cui si basa il metabolismo urbano stesso.

Un secondo aspetto critico riguarda la necessità di una corretta implementazione di un approccio multilivello ovvero una soluzione efficace per combinare i risultati delle analisi condotte a differenti scale. I ricercatori in genere considerano le città alla stregua di strutture omogenee, usando dati raccolti a un grado di dettaglio relativamente elevato, con un approccio *top-down* che ignora le differenze interne delle città (es. tra centro e periferia). Inoltre, pochi ricercatori hanno combinato lo studio dei flussi di materiali ed energia con l'effettiva collocazione geografica delle attività che tali flussi producono. Tutto questo risulta nella mancanza di attività di ricerca fondate su approcci che considerino l'eterogeneità dei sistemi oggetto di osservazione. L'assenza di un ottimale grado di dettaglio su cui l'amministratore locale può intervenire spiega la relativa debolezza riscontrata negli studi sul MU condotti sinora nel fornire strumenti efficaci per individuare strategie di intervento su scala urbana.

Un terzo aspetto cruciale nel minare il potenziale esplicativo delle analisi sul MU è riferito alla drammatica trascuratezza della componente più prettamente sociale dei processi metabolici urbani. I processi sottostanti il MU risultano infatti da 'pacchetti o fasci' di attività quotidiane volte alla stabile e ricorsiva riproduzione della vita sociale materiale degli esseri umani (Schatzki 1996, Schatzki 2011, Shove et al 2014). Queste attività sono le unità di base del metabolismo e se da una parte ne rappresentano i principali drivers, dall'altra la loro configurazione dipende strettamente dalle traiettorie metaboliche del sistema nel suo complesso. Nello studiare il MU bisogna quindi tenere in mente che i processi del MU possono variare ampiamente in relazione a differenti configurazioni sociali degli spazi urbani stessi (sulla base delle relazioni tra il progresso tecnico e l'appropriazione della natura e tra le dinamiche di accumulazione e la riproduzione sociale) e le specifiche traiettorie per le quali il MU può essere 'desincronizzato' dall'ambiente che lo ospita sono determinate da un'eterogenea costellazione di pratiche sociali (Padovan 2015). Per una reale comprensione dei processi che li caratterizzano, i sistemi urbani non possono quindi essere considerati come un tutto omogeneo e la considerazione delle relazioni tra i differenti sottosistemi (come avviene nei *subsystem models*), seppure sia un importante passo avanti, non è sufficiente ad aprire la *black box* dei processi metabolici. E' necessario prendere in considerazione i fasci di attività portati avanti dagli agenti a livello

micro-individuale per una corretta comprensione dei meccanismi che determinano l'effetto aggregato sull'uso di materiali ed energia a livello di sistema urbano nel suo complesso.

In sintesi, ci sembra che i modelli concettuali e metodologici di analisi del MU sviluppati sinora abbiano dei limiti nell'essere condotti ad un livello di dettaglio troppo aggregato, utilizzando misure non sempre confrontabili e con poca attenzione alle dinamiche (sociali) di generazione dei flussi e alla loro evoluzione nel tempo. Sulla base di questi rilievi ci sembra vi sia spazio per proporre un approccio multidisciplinare che integri conoscenze tecnico-ingegneristiche, ambientali, socio-economiche e (non ultimo) computazionali per delineare una rappresentazione esaustiva dei *drivers* sociali, economici e ecologici che sono responsabili per la configurazione dei flussi tra i componenti dei sistemi urbani e della loro evoluzione nel tempo.

2.2 Elementi concettuali per ripensare l'analisi del Metabolismo Urbano: pratiche, complessità ed emergenza dei flussi metabolici a livello di sistema urbano.

Per aumentarne la sua efficacia conoscitiva e strategica, il paradigma del MU non può e non deve essere considerato, nella nostra prospettiva, come strumento di mera contabilità e rappresentazione di flussi di materiali ed energia che attraversano un'area fisicamente e amministrativamente circoscritta. Proprio per questo stretto riferimento ad una realtà sociale concreta, il MU deve essere il risultato dell'interazione di un complesso insieme di pratiche sociali e di attività che evolvono nel tempo e sulla cui evoluzione incidono anche dei meccanismi di regolazione che presuppongono una prospettiva decisionale. Il MU insomma deve essere considerato come una variabile dipendente che deve essere spiegata più che come un fenomeno dato. Parte di questa spiegazione dipende da fattori ambientali indipendenti dall'intervento umano (almeno alla scala urbana considerata). La parte rimanente è riconducibile ad una configurazione sistemica di pratiche influenzate da molti fattori.

Richiamando quanto sopra introdotto, una città non è solo un'unità metabolica ma anche un sistema sociale. Attribuire un senso ai drivers del MU e delle strategie di intervento su questi drivers così che si possa andare nella direzione di un aumento dell'efficienza metabolica richiede la comprensione dei fattori politici, istituzionali e culturali che influenzano le modalità con cui la città impiega materia ed energia ovvero, in ultimo, come funzionano i processi socio-economici che la caratterizzano. Per rinnovare in questo senso il quadro concettuale del MU due prospettive di analisi meritano di essere considerate:

- *Regimi della regolazione urbana.* Una modalità di regolazione è un insieme di norme e regole sociali, convenzioni, forme organizzative e istituzionali che possono configurare un regime metabolico. Questo approccio della 'regolazione' si focalizza sulle regolarità (sul loro emergere ed evolvere) che si possono osservare nel funzionamento di un sistema urbano. Un elenco dei dispositivi di regolazione dovrebbe includere anche ciò che comunemente viene indicato come dotazioni materiali e regimi socio-tecnici ovvero gli artefatti tecnologici e i dispositivi che funzionano in connessione con le pratiche individuali (e famigliari) o che vengono a strutturarsi in sistemi esperti.

- *Agenti e pratiche.* I modelli di consumo delle risorse per la maggior parte dipendono dalle pratiche condotte quotidianamente, simultaneamente e in maniera più o meno coordinata da diversi agenti. Più della densità di popolazione o delle strutture insediative, le modalità delle pratiche istituzionali, organizzative e sociali influenzano direttamente l'uso delle risorse. Le città generano pacchetti di pratiche sociali che influenzano l'accesso alle risorse ed il loro utilizzo, spesso aumentando le disuguaglianze sociali. Gruppi crescenti di persone – principalmente anziani, migranti, e donne sole – si trovano ad affrontare notevoli difficoltà nell'accesso all'energia, al cibo e ai servizi abitativi. Per tutti questi aspetti si può quindi parlare di un 'consumo posizionale' delle risorse, con questo intendendo un fenomeno che influenza non solo le modalità e l'intensità del consumo ma anche la generazione dei rifiuti.

Le pratiche vengono configurandosi come insiemi di attività e comportamenti che si basano e incorporano predisposizioni e orientamenti culturalmente fondati. Come tali influenzano l'agire degli individui che se ne fanno portatori e interpreti e che a loro volta, con il loro stesso agire, le modificano. Il consumo di risorse (materiali ed energie) può essere utilmente ricondotto all'adesione degli agenti individuali alle diverse

pratiche che sono andate delineandosi nel contesto spazio-temporale della loro azione (nello specifico, quello urbano) (Harvey et al 2012., Padovan 2015, Warde 2005).

Sulla base di questi presupposti teorici, tre elementi possono essere individuati per delineare i pilastri concettuali attorno ai quali costruire una proposta di rinnovamento della metafora metabolica applicata alla sostenibilità dei sistemi urbani.

Innanzitutto, le pratiche delle famiglie (degli individui) vanno considerati come i fattori più rilevanti nel determinare il metabolismo delle città in particolare per quanto riguarda la produzione di rifiuti, un importante indicatore di performance metabolica (European Union 2008). Tra gli agenti individuali al livello micro le famiglie vanno considerate non come unità isolate, né come unità basilari dell'organizzazione sociale ma come componenti di base di un sistema emergente dalla loro azione e interazione e pertanto da loro diverso per natura e comportamenti. Il consumo familiare è, in ultima analisi, il cuore della riproduzione del sistema sociale e gli sforzi di ricerca devono essere orientati ad investigare come i cambiamenti nei patterns comportamentali delle famiglie si ripercuotono sul sistema nel suo complesso attraverso la loro influenza sugli altri attori del sistema.

In secondo luogo, le pratiche familiari come unità di osservazione possono essere studiate con un approccio che risulti dall'integrazione di diversi componenti dell'azione e in particolare da una parte la scelta razionale e riflessiva, dall'altra i comportamenti irreflessivi entrambi basati sui vincoli all'azione reali o percepiti, sulle abitudini, sulle prassi e sui particolari spazi di possibilità che agli agenti si presentano. Scelte, incentivi e vincoli dipendono da quattro elementi: regole (formali o informali); idee; contesti socio-tecnici e infine le risorse economiche, da intendersi come mediatore simbolico delle relazioni in grado di influenzare la possibilità di accedere a un range più o meno ampio di possibilità nelle varie situazioni problematiche.

Terzo aspetto, tra le famiglie e gli altri attori sociali del sistema urbano si instaurano delle relazioni la cui natura risulta dal concorso degli elementi sopra menzionati e dei diversi specifici obiettivi e possibilità che di tali attori determinano i modelli di azione:

- per i governi locali si possono distinguere tre fondamentali stili di azione: autorità, abilitazione e erogazione
- per gli attori privati (imprese) si può distinguere tra comportamenti : stabili (business-as-usual), reattivi (cambiamenti comportamentali riferiti alla realtà percepita) e proattivi (i cambiamenti sono anticipati e promossi).
- per gli attori della società civile (gruppi di interesse, rappresentanze, associazioni ...) si può operare una distinzione nello spazio d'azione determinato dalla loro natura privata o pubblica.

3 Per un nuovo modello di MU: obiettivi e strumenti

Sulla base degli elementi concettuali richiamati sopra, è possibile tentare di delineare i contorni di un disegno metodologico che consenta di supportare il rinnovato quadro analitico di osservazione dei processi metabolici urbani. Una impostazione concettualmente differente del MU richiede infatti una metodologia differente. Come si è accennato in precedenza, i modelli *inputs->outputs*, persino nella forma evoluta, circolare e dinamica rappresentata dall'adozione di tecniche di System Dynamics mantengono l'analisi ad un livello elevato di aggregazione (città e sottosistemi). Questo livello di osservazione, persino laddove potrebbe dare una descrizione accurata dei processi di MU, non permette il disvelamento dei meccanismi che, originando innanzitutto dalle pratiche individuali, sono a fondamento di questi processi..

L'obiettivo di un rinnovamento nell'analisi del MU è duplice.

Da una parte, su un piano meramente analitico e conoscitivo, ci si deve porre il problema di indagare i fattori che influenzano i sistemi di pratiche all'interno dei quali si configura il comportamento degli attori sociali e la connessione tra i vari tipi di agenti (famiglie e altre aggregazioni sociali, imprese e esponenti della PA locale). Ciò significa descrivere nel dettaglio attori, configurazioni regolatorie e istituzionali, strumenti di regolazione (incentivi, regole, investimenti nella creazione di adeguate sistemi socio-tecnici, campagne di informazione, strategie di innovazione rivolte ad attori del mondo imprenditoriale e alla più vasta platea

sociale) e cercare di evidenziare il portato di questi elementi nell'influenzare i processi sociali che compongono il metabolismo urbano e i possibili conflitti e tensioni attraverso i quali tali processi vengono organizzati, trasformati e messi in connessione.

Dall'altra, lo sviluppo del disegno analitico mira ad essere un fattore di evoluzione, nella direzione auspicabile di una maggiore sostenibilità, del fenomeno metabolico oggetto di osservazione, attraverso il coinvolgimento degli attori che quel fenomeno concorrono a determinare.

Per raggiungere questo duplice obiettivo si devono costruire scenari complessi che esplicitamente esplorano l'impatto di diverse traiettorie di evoluzione urbana, le quali possono favorire diverse alternative di intervento. Questi scenari devono essere orientati alla valutazione dei costi e benefici sia economici che sociali di obiettivi a lungo termine rispetto ai quali esistono varie opzioni di policy che, per garantirne l'efficacia, non andrebbero solo discusse e decise da esperti e politici ma anche condivise e configurate attraverso il coinvolgimento di un più ampio pubblico di attori urbani (Hornweg et al 2012).

A supporto del raggiungimento di questo duplice obiettivo, si propone una complessa proposta metodologica risultante dall'integrazione di tre strumenti

Backcasting Approach, strumento finalizzato alla configurazione di scenari alternativi con una prospettiva 'a ritroso' che ha la pretesa di proporre un'alternativa agli scenari convenzionali, quelli cioè basati su un modello 'a spinta' che considera le determinanti sottostanti ai processi di cui si vuole immaginare l'evoluzione. La prospettiva 'a ritroso' significa invece individuare, a partire da uno scenario desiderato, i possibili percorsi e i fattori (le pratiche e i regimi di regolazione nel nostro caso) che ne facilitano il raggiungimento invece di considerare le possibili evoluzioni future dei fattori ad oggi osservabili. Il Backcasting è diventato sempre più frequente nello studio delle dinamiche connesse alla sostenibilità. Con il Backcasting si immaginano e analizzano futuri sostenibili e conseguentemente si sviluppano punti e strade da seguire (Dreborg 1996, Carlsson-Kanyama et al 2008).

Secondo elemento da considerare, strumentale all'efficace conduzione del *backcasting*, è un effettivo e ampio *Public Engagement* che sposta la portata della ricerca dall'ambito meramente conoscitivo a quello dell'azione e dell'intervento. Questo approccio può prevedere un'ampia gamma di strumenti, che costituiscono in sé importanti *by product* del processo, che possono prevedere la condivisione di conoscenze, la costruzione di una visione comune dei problemi fino a strumenti propri della democrazia deliberativa. La complessità delle traiettorie del MU necessita di questa partecipazione allargata per consentire oltre all'individuazione di scenari ragionevoli e praticabili anche l'armonizzazione degli indicatori fisici, economici e sociali che devono concorrere alla predisposizione di una complessiva visione dei processi metabolici. La pregnanza di questa visione è strettamente collegata al coinvolgimento dei diversi attori urbani sopra richiamati (famiglie, imprese, pubbliche amministrazioni e gruppi della società civile) in quanto consente di mobilitare prospettive di osservazione e conoscenze riferite ai fenomeni di interesse funzionali alla definizione dei problemi e delle possibili soluzioni. Molte ipotesi di lavoro si sono negli anni consolidate a sostegno di questo approccio, di portata più o meno ampia rispetto alla platea coinvolta nelle attività. Per gli obiettivi del nostro lavoro, sembra particolarmente utile muoversi a due livelli di scala. Innanzi tutto considerare le pratiche di coinvolgimento che rimandano al *Crowdsourcing* ovvero all'attivazione del gruppo vasto di coloro che vengono coinvolti dai fenomeni oggetti di indagine. Rivolgersi con opportuni strumenti al 'crowd' consente di raccogliere in maniera esaustiva e profonda idee, visioni e pratiche radicate nel contesto sociale allargato e allo stesso tempo individuare le priorità e le soluzioni dei problemi da risolvere. I decisori pubblici e gli stakeholders locali dovranno invece essere coinvolti in contesti più ristretti nella valutazione, accompagnamento e integrazione delle attività di crowdsourcing in modo da assicurarsi che i pianificatori comprendano le implicazioni delle loro scelte per coloro che ne vengono direttamente e indirettamente influenzati.

Terzo strumento metodologico, deputato alla operazionalizzazione del quadro concettuale e alla valutazione dei diversi scenari, è la costruzione di un *Modello ad Agenti* (o *Agent Based Model- ABM*). Questa tecnica modellistica computazionale, nata per consentire lo studio di fenomeni sociali e naturali secondo un approccio di complessità, è uno strumento il cui utilizzo si è andato rapidamente diffondendo nell'ambito

delle Scienze Sociali, primariamente economiche, negli ultimi due decenni. Ad oggi si può contare su un buon numero di strumenti software sviluppati all'interno di un gruppo di modellisti che, di pari passo con il crescere e consolidarsi di strumenti concettuali e pubblicazioni, si fa configurando come vera e propria comunità scientifica (Gilbert et al 2001, Gilbert et al 2005). Costruire un ABM significa ricreare, attraverso la predisposizione di un apposito codice informatico⁵ il fenomeno sociale oggetto di attenzione, ovvero creare un modello sulla base di ipotesi esplicative delle dinamiche che determinano quel fenomeno. Il potere esplicativo proprio degli ABM risiede nella connessione tra i diversi livelli (micro, macro e meso) di analisi di un fenomeno. Nello sviluppo del codice di un ABM, infatti, ci si concentra sulla riproduzione dei comportamenti e delle interazioni degli agenti individuali coinvolti nel fenomeno oggetto di osservazione (nel nostro caso primariamente le famiglie e i loro consumi materiali ed energetici, ma anche le imprese e gli altri soggetti collettivi insediati in un sistema urbano). A partire dagli esiti dell'azione di questi componenti elementari (che vengono dotati in varia misura di qualche forma di intelligenza e capacità di adattamento al contesto ambientale) si ipotizzano e implementano i meccanismi della loro aggregazione che risultano nella determinazione del fenomeno a livello aggregato (i flussi metabolici nel nostro caso) e della sua evoluzione nel tempo. Dal livello micro si cerca quindi di derivare l'andamento dei fenomeni a livello macro o della società (urbana) nel suo complesso, la quale società però, costituendo il contesto di azione degli agenti micro, ne determina in parte i comportamenti. Gli ABM consentono quindi di rappresentare i rapporti 'a due vie' tra i diversi livelli di scala dei fenomeni e sembrano particolarmente adatti alla rappresentazione del MU e degli scenari della sua evoluzione consentendo di rappresentare le pratiche di comportamento al livello degli individui, i differenti contesti di regolazione e l'interazione nel tempo di tutti questi elementi (Keirstead J. 2012). La costruzione di un buon ABM necessita di un buon patrimonio informativo. Nello specifico della nostra proposta, oltre alle statistiche istituzionali e alcuni necessari rilevamenti ad hoc per la rappresentazione dei flussi, si rivelano mattoni fondamentali del modello le conoscenze acquisite attraverso gli strumenti del *public engagement* e la configurazione delle traiettorie di evoluzione (che diventano altrettanti meccanismi generativi) ovvero degli scenari ottenuti grazie alle tecniche del *backcasting*. Ovviamente il potere esplicativo del modello dipenderà dalla misura in cui (processo di validazione) i suoi output riproducono i dati descrittivi del fenomeno reale, ovvero sarà necessario considerare quanto le ipotesi implementate nell'ABM rispetto ai comportamenti e alle interazioni degli agenti urbani riproducono i flussi metabolici registrati dalle statistiche ufficiali.

La proposta che qui si vuole avanzare è, in sintesi, un disegno metodologico suddiviso in tre parti: a) identificare le diverse traiettorie per il miglioramento del MU adottando un approccio di *back casting*; b) coinvolgimento di un vasto pubblico (crowdsourcing) per la validazione e integrazione di questi scenari e successiva convalida da parte di un più ristretto gruppo di esperti e *policy makers*; c) rappresentazione dei processi metabolici e comparazione dei diversi scenari attraverso la predisposizione di un ABM.

Per quanto riguarda la costruzione del modello, la figura 2 mostra, a puro titolo di esempio, uno schema semplificato disegnato sulla base della rivisitazione concettuale dei processi metabolici come descritta al paragrafo precedente basata sulla considerazione di regimi di regolazione, pratiche e agenti individuali. Il modello è pensato, in prospettiva, per avere una copertura ampia rispetto agli agenti del MU ma al momento è in via di implementazione solo per la parte relativa agli agenti *Famiglie* che, come si è avuto modo di anticipare (par 2), sono i determinanti fondamentali dei processi metabolici.

Di seguito una breve descrizione degli elementi caratterizzanti il modello, a questo stadio di elaborazione:

- a) Gli agenti individuali sono le famiglie (HouseHolds - HH); le imprese (Corporate Actors - CA); e l'amministrazione pubblica (Public Administration - PA).

⁵ E' ampia ormai l'offerta di strumenti software per la realizzazione di modelli ad agenti. DI base, il paradigma di riferimento è quello della programmazione a oggetti e quindi qualsiasi linguaggio che si rifa a questo paradigma risulta adatto alla costruzione di un ABM (Java, C#, Python...). Negli anni sono poi state sviluppate piattaforme ad hoc tra cui, per la versatilità e semplicità di utilizzo, NetLogo va configurandosi come standard condiviso dalla comunità di modellisti.

- b) Gli agenti individuali sono situati in diversi *Contesti di Regolazione* (RF1, RF2..) che fanno riferimento ad un diverso contesto istituzionale e normativo che ricomprende i modelli di governo dei fenomeni richiamati in precedenza per gli attori pubblici (autorità, abilitazione e erogazione) e le strategie di azione delle imprese (business-as-usual, reattività, proattività) che determinano le relazioni tra gli attori
- c) Gli agenti individuali hanno dei comportamenti di consumo che si ispirano a tre diverse strategie (ispirandosi alla direttiva Waste, UE 2008): il consumo, (Consume - P1), il Riciclo (Recycle - P2) e il Riuso (Reuse - P3). Queste pratiche si sviluppano lungo tutti i passaggi della generazione di rifiuti urbani riferiti a diversi input del sistema (I1, I2, I3, I4).
- d) La considerazione incrociata delle strategie e degli input permette di descrivere, per ogni *Contesto di Regolazione*, le diverse pratiche per ogni tipo di agente identificate nello schema con il codice alfanumerico 'p_Input.Strategia_Agente_n_di_pratica'⁶
- e) Le pratiche dei diversi agenti interagiscono tra loro e con il contesto regolatorio nel determinare gli Output dei processi metabolici in termini di flussi uscenti (O1, O2, O3, O4) e di risorse reimmesse nel ciclo (O5) come risultante dell'attivazione di pratiche di riuso e riciclo.

Seppure a questo primitivo livello di elaborazione, il modello proposto consente di immaginare una operazionalizzazione di un rinnovato inquadramento concettuale del MU: il modello dei flussi Inputs->Outputs (fig 2.a) è destrutturato e ricomposto passando da un livello macro a un livello micro e l'effetto generale in termini di processo metabolico è determinato dalle pratiche a livello individuale strutturate dal e nel contesto di azione (fig 2.b).

Come si è anticipato, per dar vita a questo modello è necessaria una consistente quantità e varietà di dati e in particolare: dati quantitativi da fonti statistiche istituzionali; conoscenza delle norme vigenti e dei possibili quadri regolatori e istituzionali; informazione qualitativa sui comportamenti individuali derivata dal coinvolgimento di esperti e e dal più vasto 'crowd'.

Una volta che dati e informazioni siano state raccolte, la predisposizione di possibili scenari può essere condotta attraverso la considerazione dell'interazione tra i diversi componenti ai diversi livelli del sistema: pratiche individuali, norme e quadri regolatori, quantità di inputs e così via.

Definiti gli scenari, infine, la loro implementazione in un Agent Based Model potrà fornire non solo una loro accurata descrizione e rappresentazione ma, cosa più rilevante, alcune misure dei risultati ad essi riconducibili in termini di processi metabolici, la qual cosa altro non è che una possibile valutazione di diverse alternative di policies rivolte alla sostenibilità dei sistemi urbani.

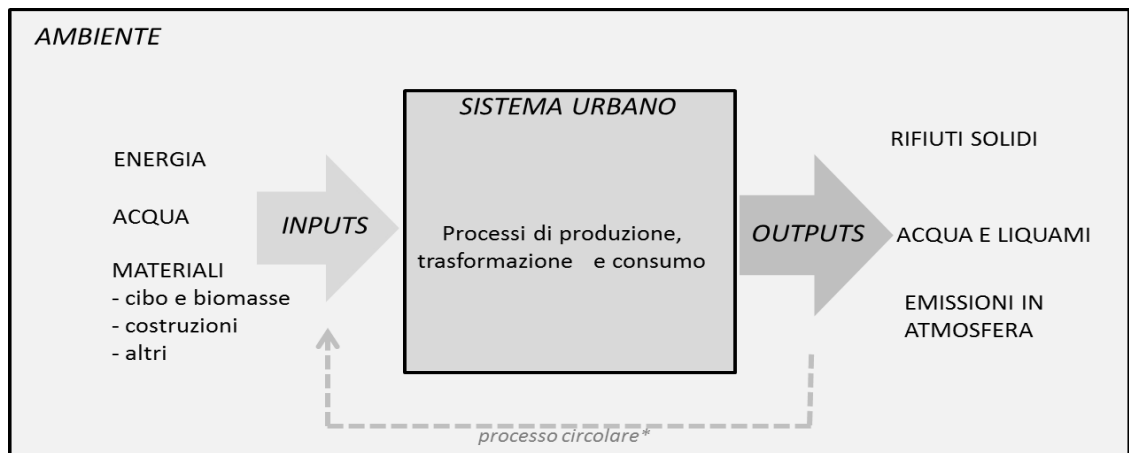
⁶ Esempio:

p_1.1_hh_a rappresenta una delle pratiche (identificata con la lettera *a*) di *consumo* (strategia 1) della risorsa *cibo* (Input 1) da parte delle famiglie (*hh*)

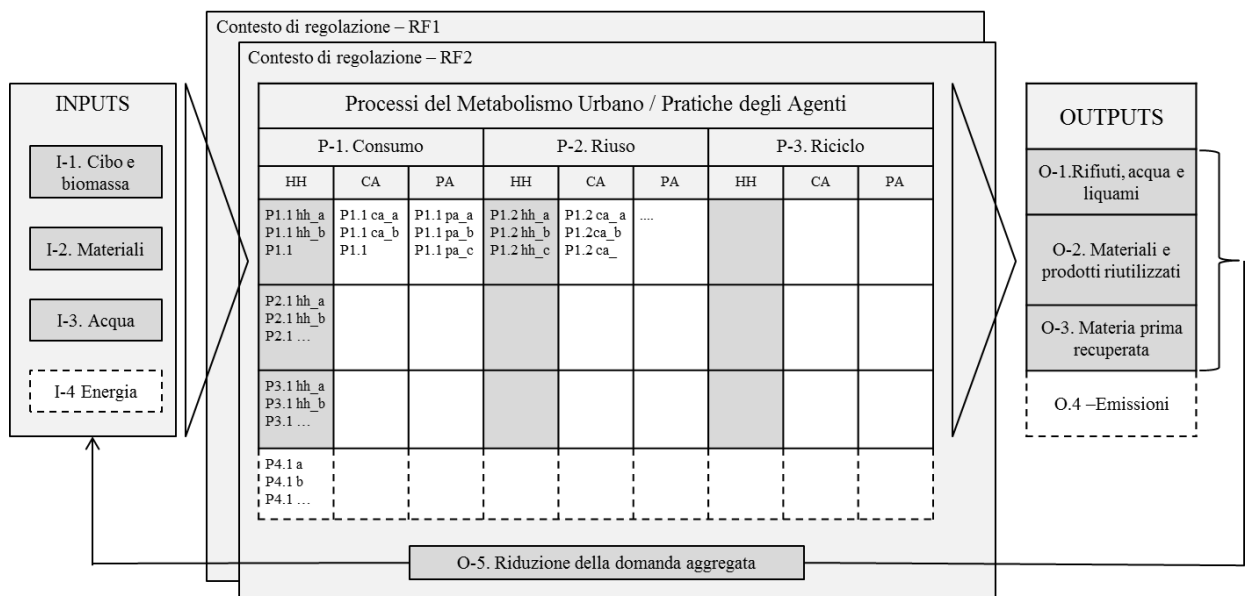
p_2.2_ca_c rappresenta la pratica *c* di *riuso* (strategia 2) della risorsa *materiali* (input 2) da parte dell'agente Impresa (*ca*)

Figure 2 – Uno schema concettuale per un modello microfondato di MU.

2.a) Modello aggregato di MU



2.b) Modello microfondato di MU



4 Note conclusive

Il Metabolismo Urbano è un costrutto teorico e un apparato metodologico che sta occupando una posizione sempre più centrale nel dibattito e nella ricerca sulla sostenibilità ambientale dei sistemi socio-territoriali principalmente per due ragioni. Innanzi tutto per la centralità dei sistemi urbani nel determinare le traiettorie future della sostenibilità delle attività di riproduzione dei collettivi umani, dal momento che la concentrazione di popolazione e attività all'interno dei confini urbani è una tendenza consolidata nei modelli insediativi umani che appare rafforzarsi in prospettiva di medio-lungo periodo. In secondo luogo per la sua efficacia nel fornire una quantificazione dell'impatto ambientale delle città facilmente fruibile ed in quanto tale utile ai decisori pubblici per individuare le aree di intervento nella progettazione delle politiche per la sostenibilità.

In questo breve contributo si è cercato di evidenziare alcuni limiti di ordine concettuale e metodologico degli approcci utilizzati finora per lo studio dei fenomeni metabolici urbani e si è cercato di delineare i contorni di una proposta per andare oltre lo stato dell'arte.

I limiti sul piano teorico e concettuale riguardano da una parte la considerazione dei sistemi urbani come sistemi socialmente e tecnologicamente omogenei al loro interno osservati al livello di insieme con

un'inadeguata attenzione alle componenti elementari che ne determinano le dinamiche di funzionamento; dall'altra la drammatica sottovalutazione della componente sociale (di credenze, modelli di comportamento, pratiche di azione, relazioni e rapporti di forza) che quelle dinamiche concorrono ad alimentare.

I limiti sul piano metodologico, e quindi relativi alla qualità dei risultati che tali studi mettono a disposizione della comunità scientifica e dei decisori, riguardano l'eccessiva aggregazione e staticità delle quantificazioni riguardanti i flussi metabolici e gli impatti dei sistemi urbani. Al netto degli oggettivi problemi di misurazione, la lettura offerta dalla maggior parte degli studi sul MU si regge su pratiche di contabilità (di materia ed energia) rivolte a fotografare l'andamento dei flussi in un periodo di osservazione prestabilito con poca attenzione alla scomposizione di quei flussi e alla loro attribuzione agli attori del sistema urbano.

A fronte di questa situazione la proposta che si è cercato di delineare è rivolta ad integrare il quadro concettuale, a rinnovare, di conseguenza, la metodologia e le tecniche per l'analisi dei processi metabolici urbani e a offrire uno strumento di ricerca-azione che nel farsi dell'analisi contenga in sé elementi propri di un intervento migliorativo.

A tal fine, si è fatto ricorso, sul piano concettuale, all'integrazione degli stimoli provenienti dalla letteratura sui regimi di regolazione urbana (intesi come insiemi di norme e regole sociali, convenzioni, forme organizzative e istituzionali che possono configurare un regime metabolico) e alla teoria delle pratiche sociali (che vengono configurandosi come insiemi di attività e comportamenti che si basano e incorporano predisposizioni e orientamenti collettivamente fondati). Pratiche e regimi sostenute e interpretati da agenti individuali del sistema urbano (individui, famiglie, imprese e amministratori locali) la cui azione e interazione è influenzata dai, e influenza i flussi metabolici osservabili al livello del sistema nel suo complesso.

Questo rinnovato quadro concettuale sul piano metodologico è stato tradotto in un'ipotesi di lavoro complessa che prevede l'integrazione di tre strumenti e momenti successivi di sviluppo: il *backcasting approach* rivolto all'identificazione delle diverse strategie per il raggiungimento dei risultati desiderati in termini di sostenibilità dei sistemi urbani; pratiche di public engagement a vari livelli di scala per coinvolgere ed attivare le risorse locali (cittadinanza e portatori di interesse) nell'affinare il quadro conoscitivo e nel mettere in atto pratiche sostenibili; la costruzione di un Modello ad Agenti (ABM) per la rappresentazione del sistema urbano, delle sue componenti elementari e dei flussi aggregati risultanti, sulla base delle informazioni disponibili e dei risultati delle attività precedenti di indagine in modo da poter individuare le aree di intervento critiche per i policy maker e simulare gli esiti dei diversi scenari individuati.

Rispetto all'ambizione della proposta avanzata, di cui siamo consapevoli, al momento il gruppo di lavoro si sta concentrando su due fronti nel tentativo di sviluppare un'analisi al livello della città di Torino: il coinvolgimento dei portatori di interesse nel disegno di politiche per la sostenibilità; la raccolta delle informazioni e dei dati necessari ad implementare la parte di modello riferito alle pratiche familiari rivolta all'utilizzo delle risorse energetiche e idriche, alle emissioni e alla produzione di rifiuti con attenzione particolare rivolta all'impatto della diffusione di strategie di riuso e di riciclo.

Queste ultime possono andare a costituire quegli insiemi di pratiche che, attraverso la reimmissione nel ciclo economico di risorse altrimenti espulse dal sistema, spingono i processi socio-economici urbani verso un paradigma di circolarità.

In conclusione è infatti utile, allargando lo sguardo, sottolineare come la ricerca sul metabolismo urbano sia di particolare importanza nell'ottica di un ripensamento più profondo di alcune dinamiche dei sistemi socio-economici contemporanei. Le città, per la loro più volte richiamata centralità nella configurazione organizzativa e funzionale delle società contemporanee, possono essere considerate un osservatorio e un laboratorio privilegiato per l'ideazione e l'implementazione di nuove pratiche e nuove direttrici di gestione delle risorse nell'espletamento delle funzioni sociali, tra cui la produzione, la distribuzione e il consumo rivestono un ruolo centrale. La gestione sostenibile delle città e il paradigma del MU che la può supportare diventano occasioni di riflessione sulle traiettorie di sviluppo che si possono inquadrare nel più ampio quadro concettuale dell'economia circolare. In altre parole, le stesse pratiche 'virtuose' da un punto di vista ambientale necessarie per aumentare l'efficienza metabolica urbana possono essere altrettante ipotesi di azione e intervento volte all'integrazione dei modelli produttivi esistenti nella direzione di un processo

economico che si faccia carico della sua intrinseca dimensione materiale ovvero del concreto uso, consumo, riproduzione e decadimento dei fattori produttivi che lo compongono.

5 Bibliografia

Baynes T.M., Wiedmann T. (2012) General Approaches for Assessing Urban Environmental Sustainability, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4, 458 - 464

Carlsson-Kanyama A., Dreborg K.H., Moll H.C., Padovan D. (2008), Participative backcasting: a tool for involving stakeholders in local sustainability planning, *Futures*, 44, 40 : 34–46

Chen B., Chen (2015) Sustainable Urban Metabolism, *Encyclopedia of Environmental Management*, DOI: 10.1081/E-EEM-120053897

Clift R., Druckman A., Christie I., Kennedy C., Keirstead J (2015) Urban metabolism: a review in the UK context, Foresight – Future of Cities Project, Government Office for Science, UK

Dinares M. (2014) Urban Metabolism : A Review of Recent literature on the Subject, *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 60, 3 : 551-571

Dreborg K.H.(1996) Essence of backcasting, *Futures*, 28 : 813–828

European Union (2008) Waste Framework Directive 2008/98/EC

European Commission (2001) Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide, Office for Official Publication of European Commission, Luxembourg

Gilbert N., Terna P. (2001) How to build and use agent-based models in social science, *Mind and Society*, 1(1), 57 – 72

Gilbert N., Troitzsch K. (2005) Simulation for the Social Scientist, Oxford University Press, Oxford,UK

Grimm N., Faeth S., Golubiewski N., Redman C., Wu J., Bai X, Briggs J.(2008), Global change and the ecology of cities, *Science*, 319 : 756-760

Grimm V, Railsback (2012) Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction Princeton University Press

Harvey, H., McMeekin, A., Shove, E., Southerton, D. and Walker, G. (2012) Researching Social Practice and Sustainability: puzzles and challenges, Sustainable Practices Research Group, SPRG Discussion Paper 2

Herenden R.A. (2004) Energy Analysis and Emergy Analysis : a Comparison, *Ecological Modelling*, 178 : 227 -237

Holmes T., Pincetl S. (2012) Urban Metabolism Literature Review, Center for Sustainable Urban Systems, UCLA Institute Of The Environment

Hoornweg D., Campillo G., Linders D., Saldivar-Sali A.N., Sugar L.(2012) *Mainstreaming Urban Metabolism: Advances and Challenges in City Participation*, Sixth Urban Research and Knowledge Symposium, World Bank

Keirstead J., Sivakumar A. (2012) Using Activity-Based Modeling to Simulate Urban Resource Demands at High Spatial and Temporal Resolutions, *Journal of Industrial Ecology*, 16, 6: 889 - 900

Kennedy C (2012) Mainstreaming Urban Metabolism, *Journal of Industrial Ecology*, 16, 6 :780 - 782

Kennedy C., Stewart I.D., Ibrahim N., Facchini A., Mele R. (2014) *Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities*, *Ecological Indicators*, 47, 7–15

- Newman, P. W. G. (1999) *Sustainability and cities: extending the metabolism model*, Landscape and Urban Planning, 44, 219-226
- Padovan D. (2015) *Assembling societal metabolism and social practices: dynamics of (un)sustainable reproduction*, Trandbakken P. Gronow J. (eds) , 01/2015 :335-362
- Padovan D., Martini F., Cerutti A. (2015) *Household metabolism. A model for assessing the environmental impact of ordinary consumption*,
- Padovan, D (2014), *Metabolic exchanges and practices of regulation. The assemblage of environment and society in early social sciences*, Ecological Informatics, doi: 10.1016/j.ecoinf.2014.02.006
- Rapoport E. (2011) *Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism. A review of the literature*, Developing Planning Unit, University College of London
- Schatzki T. (1996) *Social Practices: A Wittgensteinian Approach to Human Activity and the Social*, Cambridge University Press, US
- Schatzki T. (2011) *Where the Action Is (on Large Social Phenomena Such as Sociotechnical Regimes)*, Sustainable Practices Research Group, SPRG Discussion Paper 1
- Shove E. Walker G. (2014) *What Is Energy For? Social Practice and Energy Demand, Theory, Culture and Society, Special Issue: Energy & Society*, 0 , 1 -18
- Swyngedouw, E (2006). *Circulations and metabolisms: (Hybrid) Natures and (Cyborg) cities*. Science as Culture, 15, 2: 105-121
- Warde A. (2005) *Consumption and Theory of Practice*, Journal of Consumer Culture, 5 : 131 – 152
- Wolman, A. (1965) *The metabolism of cities*. Scientific American, 213,3 : 178-193.
- Zhang Y. (2013) *Urban Metabolism: a review of research methodologies*, Environmental Pollution, 478, 463-473
- Zhang Y., Zhifeng Y., Xiangyi Y.(2015) *Urban Metabolism: A Review of Current Knowledge and Directions for Future Study*, American Chemical Society