

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DOTTORATO DI RICERCA IN ANALISI, PIANIFICAZIONE
E GESTIONE INTEGRATA DEL TERRITORIO

XXIV CICLO

TESI DI DOTTORATO

TATIANA S. ALLEGRA

ANALISI EMERGETICA PER LA
RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE

Il caso-studio della provincia di Catania

COORDINATORE DEL DOTTORATO
Prof. Francesco Martinico

TUTOR
Prof. Giuseppe Amata

INDICE

INTRODUZIONE

1

PARTE PRIMA

IL PROBLEMA ENTROPICO NEI TERRITORI

CAPITOLO 1. La questione energetica

| | |
|---|----|
| 1.1 Spreco energetico e inquinamento | 9 |
| 1.2 Il ruolo della natura nel pensiero economico | 13 |
| 1.3 Cenni sulle metodologie di valutazione ambientale | 16 |
| 1.4 Introduzione all'Analisi EMergetica | 21 |

CAPITOLO 2. Teoria e Analisi EMergetica

| | |
|--|----|
| 2.1 Il rapporto uomo-natura nella storia della civiltà umana | 27 |
| 2.2 Ecosistemi e territori | 29 |
| 2.3 Cenni storici sul concetto di eMergia | 44 |
| 2.4 La teoria eMergetica: definizioni e principi | 46 |
| 2.5 Introduzione alla valutazione eMergetica territoriale | 56 |

PARTE SECONDA

IL PRIMO CASO-STUDIO. LA VALUTAZIONE EMERGETICA TERRITORIALE

CAPITOLO 3. L'Analisi EMergetica della provincia di Catania

| | |
|--|----|
| 3.1 Introduzione | 65 |
| 3.2 Individuazione del territorio come unità di produzione | 65 |
| 3.3 Significativi riferimenti storico-territoriali nell'area metropolitana | 70 |
| 3.4 Descrizione dello stato di fatto dell'area metropolitana | 73 |
| 3.5 Il sistema statistico informativo utilizzato | 85 |
| 3.6. Discussione dei risultati ottenuti | 86 |

CAPITOLO 4. Misure di intervento nella provincia catanese

| | |
|---|-----|
| 4.1 Introduzione | 95 |
| 4.2 I materiali da cava | 97 |
| 4.3 Consumo e produzione di energia elettrica | 105 |

PARTE TERZA

IL SECONDO CASO-STUDIO. IL GIUDIZIO DI VALORE TRA RIUSO URBANO ED ESPANSIONE ILLIMITATA DELLA CITTÀ

CAPITOLO 5. Raffronto dei costi eMergetici insediativi tra quartieri tipici di Catania

| | |
|---|-----|
| 5.1 Introduzione | 111 |
| 5.2 Rassegna dei principali contributi sull'Analisi EMergetica dei processi edilizi | 112 |
| 5.3 Il Piano di Zona di Librino | 116 |
| 5.4 Il Programma Integrato di Intervento di San Cristoforo Sud | 126 |
| 5.5 Metodologia adottata | 133 |
| 5.6 I progetti di riferimento per le categorie di opere edili previste nei due insediamenti abitativi | 136 |
| 5.7 Analisi EMergetica di ogni progetto-tipo | 144 |
| 5.8 Discussione dei risultati | 146 |
| 5.9 Conclusioni | 151 |

CONCLUSIONI 156

BIBLIOGRAFIA 163

ALLEGATO A **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI DELLE TRANSFORMITY** 175

ALLEGATO B **IL PRIMO CASO-STUDIO** 177

ALLEGATO C **IL SECONDO CASO-STUDIO** 182

INTRODUZIONE

La questione dell'inarrestabile incremento dell'entropia totale, enunciato dal secondo principio della termodinamica, e del depauperamento delle fonti non rinnovabili di energia, ineluttabile conseguenza di ogni processo di trasformazione urbana, nonché di qualsiasi attività economica, è un tema di acceso dibattito sin dalla "crisi energetica" degli anni Settanta. Essa ha posto in evidenza la necessità di ricorrere a strumenti valutativi basati sul calcolo energetico prima che monetario, in grado di interpretare esaustivamente le istanze ambientali ed ecologiche del territorio.

L'Analisi EMergetica nasce intorno ai primi anni Ottanta dello scorso secolo su iniziativa dell'ecologo Howard T. Odum e consiste nel quantificare le risorse naturali, rinnovabili e non, consumate per realizzare merci e servizi, adottando un'unica, comprensibile unità di misura: il joule dell'energia solare (o *eMergia*), primigenia generatrice di ogni attività ecosistemica, impiegata, in modo diretto e indiretto, per creare tali risorse.

Il notevole interesse riscosso da questa metodologia presso il mondo scientifico, come testimonia la copiosa letteratura edita al riguardo nell'ultimo quindicennio, è dovuto alla sua capacità di includere negli input sia il lavoro eseguito dagli ecosistemi che quello umano, esprimendosi con il linguaggio omnicomprensivo della natura, senza forzature né rabberciature.

Con questo lavoro mi propongo di esaminare gli aspetti squisitamente teorici e pratici di suddetta analisi e di prevederne eventuali innovazioni applicative per rispondere a quesiti di studio inerenti la teoria del valore e delle valutazioni ai fini della sostenibilità delle città.

La tesi è articolata in tre parti. La prima parte affronta il problema entropico nei territori ed è costituita dai primi due capitoli.

Il primo capitolo inquadra la questione energetica nei suoi fondamentali nodi concettuali, tramite un sintetico richiamo storico alle opere degli autori che, in massima parte, hanno contribuito a definirli. La rassegna ha inizio nel 1972 con la denuncia dello studioso americano Commoner dell'alterazione degli equilibri ecologici, basati sui trasferimenti ciclici delle sostanze nutritive negli ecosistemi terrestri, a causa dell'attuale sistema economico. Egli evidenzia l'elevata efficienza dei processi naturali nella biosfera, la quale è caratterizzata da un ricambio continuo, in contrapposizione alla creazione antropica, unidirezionale, di merci e rifiuti a mezzo natura.

Da un rapido sguardo alle teorie economiche si evince che il ruolo primario assegnato alla natura dalla Fisiocrazia e dalla dottrina marxiana viene sostanzialmente eluso dalla Scuola Neoclassica: se Quesnay rappresenta l'ideale sistema produttivo del regno francese con un circuito chiuso il cui surplus coincide con i doni offerti generosamente dalla terra, sollecitata dal lavoro umano, e Marx ritiene la natura "fonte dei valori d'uso", il pensiero marginalista, nella sua formulazione più ortodossa,

ricerca la massimizzazione del piacere individuale nel consumo di un'opportuna combinazione di beni "scarsi" in contrapposizione alle risorse naturali gratuite perché "abbondanti". Da ciò si deduce che l'applicazione dei criteri di valutazione monetaria dei beni ambientali, elaborati nel quadro di impostazione neoclassica, comprensibile se finalizzata a determinare gli indennizzi da corrispondere ai singoli o alla collettività a risarcimento degli eventuali danni subiti da inquinamento, rischia di rivelare "l'artificiosità dei mercati simulati" in tutti gli altri casi, perdendo di vista le specificità e gli elementi conoscitivi dell'analisi sui beni suddetti (Bresso).

La stessa definizione di "sviluppo sostenibile" introdotta dalla Commissione Brundtland (1987), secondo la quale la soddisfazione dei bisogni presenti non deve compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri, contiene, ad esempio, un'intrinseca contraddizione relativa alla esauribilità dei minerali.

Nell'ambito del settore scientifico-disciplinare dell'Estimo, è assodata l'esigenza di approntare idonee metodologie di supporto decisionale per la scelta di piani e progetti con potenziali impatti sull'ambiente, superando le analisi mono-criteriali monetarie, quali l'Analisi Costi-Benefici, giudicate spesso parziali, ma evitando che l'Analisi Multicriteriale appaia "bella senz'anima", cioè una sorta di maniacale calcolo analitico fine a se stesso (Rizzo).

Quanto agli strumenti della VIA e della VAS, lo stato dell'arte dei rapporti e degli studi di impatto ambientali sinora approntati, mostra alcune criticità: da più parti si constata, in particolare, l'impiego di una moltitudine non codificata di indicatori dai contenuti prevalentemente qualitativi a discapito di quelli quantitativi, che indagano su singole tematiche senza cogliere la complessità dei fenomeni, quindi col rischio di divenire inefficaci e scarsamente comprensibili ai non addetti ai lavori.

Se letteralmente l'ecologia studia la "vita nella casa" e l'economia "gestisce il posto in cui si vive", ne consegue l'affinità di entrambe le discipline (Odum E. P.); ancora di più, essendo il dominio dei fenomeni esaminati dalla prima, più ampio di quello della seconda, è opportuno valutare gli impatti ambientali in termini energetici prima che monetari, ritenendo la termodinamica "una fisica del valore economico" (Georgescu-Roegen).

Constatata, pertanto, l'urgenza di affrontare il tema in termini olistici, si deduce il ruolo primario delle scienze ecologiche dalle quali acquisire regole e metodi di indagine: analogamente agli studi sugli ecosistemi, unità funzionali autonome, formati ciascuno da una comunità e dal suo ambiente fisico, devono svilupparsi le analisi dei territori, definiti "ecosistemi antropizzati" (Amata), per verificare la sostenibilità delle trasformazioni che in essi hanno luogo. Ciò premesso, nel secondo capitolo si intende procedere ad un parallelismo tra ecosistemi e territori, deducendo i basilari e "virtuosi" meccanismi di funzionamento dei primi e ricercandone la corrispondenza nei secondi.

Particolare attenzione viene dedicata all'esposizione del "principio della massima potenza", riformulato da H. T. Odum a partire dalle teorie di Lotka sulla selezione naturale e di Prigogine sulle strutture dissipative, che, probabilmente più di qualsiasi altro concetto, riassume il modo di evolversi degli ecosistemi: esso afferma che, in presenza di risorse scarse, nelle

competizioni naturali prevalgono i sistemi che si auto-organizzano per catturare la massima potenza dell'energia entrante ed estrarne il massimo lavoro utilizzabile (ossia con quantità minime di entropia). Vengono posti perciò i seguenti quesiti: è lecito estendere la validità di questo principio anche agli ecosistemi antropizzati? Esiste una loro tendenza evolutiva spontanea verso la sostenibilità ecologica? E ancora, il concetto di capacità di carico che è stato sviluppato dalle discipline ecologiche può essere acriticamente calato alla società umana? Originariamente fondati in prossimità di riserve idriche e minerarie, in tempi successivi gli insediamenti umani sono sorti anche in luoghi meno idonei, depredando risorse di altri territori, principalmente combustibili facilmente trasportabili. Se il ritmo dell'urbanizzazione in passato era da ritenersi adeguato a quello della campagna circostante, in una continua lotta finalizzata alla coltivazione degli acri ad essa faticosamente strappati, la situazione, dagli ultimi due secoli ad oggi, sembra ribaltarsi, con un gioco di forza vincente sulla natura. L'elevata velocità di crescita delle città è da attribuire fondamentalmente: ai mutamenti subiti dai rapporti e dalle forze di produzione sin dall'epoca della prima rivoluzione industriale che hanno prodotto anche il fenomeno della speculazione al rialzo della rendita fondiaria (Marx); alla motorizzazione individuale, che ha consentito la dilatazione a macchia d'olio del perimetro urbano e il determinarsi dello *sprawl* urbano (Camagni). Da tale ragionamento ne consegue comunque che il giudizio di convenienza economica e ambientale deve tradursi nell'individuazione della proposta progettuale che, più delle altre, mira al raggiungimento della massima potenza eMergetica.

Il tema della dimensione demografica ottimale delle città è stato sviluppato, nell'ambito disciplinare dell'Estimo, dai primi anni Sessanta dello scorso secolo, in termini di minimi costi monetari insediativi da affrontare per soddisfare i fabbisogni della collettività di abitazioni, infrastrutture e attrezzature, attraverso tecniche di valutazione quali la teoria della soglia (Malisz). Ricerche condotte negli anni successivi, hanno incluso, però, tra i fattori deterrenti il sovradimensionamento delle città, alcuni costi sociali non direttamente monetarizzabili causati dalla congestione, dallo scadimento della qualità ambientale, ecc. Alcuni autori hanno perciò sottolineato la necessità di risolvere la questione anche in chiave ecologica, definendo la distribuzione spaziale delle attività anche in rapporto al costo necessario a ridurre il danno provocato dagli effetti inquinanti (C. Forte). È per tali ragioni che si è diffusa la valutazione eMergetica del territorio (H. T. Odum): essa indaga sulla sostenibilità ambientale del sistema socio-economico che in esso si è sviluppato, in un determinato periodo temporale, generalmente un anno, applicando delle regole di rappresentazione grafica e di calcolo originarie dei linguaggi di discipline scientifiche consolidate quali l'ecologia e la teoria organizzativa dei sistemi (Lokta, 1922; Von Bertalanffy, 1968).

Vengono perciò illustrati i capisaldi di questa teoria, ossia le origini e i principi essenziali, le fasi operative e la rassegna di alcuni semplici esempi rappresentativi. Si definiscono l'eMergia (da *energy memory*), rappresentata dall'energia solare che ha alimentato la catena di operazioni compiute dalla natura e dagli uomini per creare un determinato bene o servizio, quindi incorporata nei processi economici e, prima ancora,

naturali, e la sua unità di misura, il joule di eMergia (*solar eMergy joule*). Si utilizzano dei fattori di conversione, le *transformity*, per tradurre ogni tipo di energia in eMergia. Dalla caratteristica di questa grandezza termodinamica di non essere una funzione di stato, perciò di conservare memoria delle fasi seguite in uno specifico contesto fisico e in un determinato intervallo di tempo, ne discende che la transformity rileva l'efficienza (o sostenibilità) e la qualità dei sistemi: a parità di risultato essa è inferiore nel sistema meno dissipativo. Tra outputs diversi possiede un livello gerarchico superiore quello con la transformity maggiore, avendo richiesto, per la sua formazione, capitali naturali e tempi più elevati. Sulla base di queste proprietà è possibile comparare, ad esempio, differenti alternative progettuali aventi la stessa finalità. L'Analisi EMergetica territoriale si attua in pratica computando i flussi di energia e materia in entrata e in uscita e ne interpreta i risultati tramite l'ausilio di appositi quozienti. In particolare le risorse utilizzate vengono distinte in: locali rinnovabili (la pioggia, il vento, le onde, ...) adoperate nell'esercizio delle funzioni prettamente ecosistemiche o direttamente dall'uomo; locali non rinnovabili, consumate dalla comunità per soddisfare i fabbisogni idrici, energetici e minerari, includendo anche la perdita di fertile suolo agricolo; importate dall'esterno (fonti energetiche, materie prime, semilavorati e prodotti finiti) destinate alla popolazione o ai settori produttivi; esportate agli altri territori. Ho descritto, quindi, gli indicatori tra i quali i più significativi per le tematiche di nostro interesse sono: la densità eMergetica (ossia il rapporto tra l'eMergia totale utilizzata dal territorio e la sua superficie), i cui alti valori si manifestano in situazioni di elevata artificialità con intensa concentrazione di attività ad avanzato contenuto tecnologico e informativo, come avviene nei centri direzionali e finanziari delle grandi città, ma possono anche essere il segno di un dispendio eccessivo delle risorse; l'eMergia pro capite (ossia il rapporto tra l'eMergia totale e la quantità di popolazione) che esprime il consumo specifico per abitante ed è, quindi, rappresentativo dei comportamenti e delle abitudini della comunità; il rapporto di impatto ambientale (cioè il rapporto delle fonti non rinnovabili su quelle rinnovabili usate) che è più elevato nei settori particolarmente eMergivori (agricoltura con intensivo impiego di fertilizzanti, ecc.).

Si osserva quindi che quesiti tipici della pianificazione territoriale ed urbanistica possono essere affrontati ricercando la configurazione eMergeticamente più efficiente nel rispetto delle gerarchie di trasformazione.

La seconda parte della tesi, con i capitoli terzo e quarto, riguarda il primo caso-studio: l'Analisi EMergetica applicata alla provincia di Catania, suddivisa nelle sue tre aree pedemontana, metropolitana e calatina nell'anno 2006. In particolare, è stata esplicitata la fase fondamentale di raccolta ed elaborazione dati, estrapolati da rapporti settoriali e statistiche, a partire dai quali è stato possibile ricavare le quantità fisiche di beni consumati. Per acquisire una più approfondita conoscenza del contesto fisico, oggetto di indagine, si è inoltre proceduto ad una rapida descrizione delle modalità di sviluppo degli insediamenti abitativi nell'area metropolitana negli ultimi cinquant'anni. Ulteriori osservazioni sono seguite dalla comparazione dei risultati con quelli ottenuti da ricerche svolte su altre realtà italiane.

Dall'esame delle voci a più elevato contenuto eMergivoro, relative al dispendio di risorse e riserve non rinnovabili (inerti da cava estratti, energia elettrica importata e combustibili per autotrazione) sono derivate le possibili misure di intervento da introdurre a Catania per incrementarne la sostenibilità del *modus vivendi*. In particolare, nel quarto capitolo, si discute dei risultati recentemente divulgati riguardanti le valutazioni eMergetiche delle differenti modalità di produzione dell'energia elettrica e del ciclo di vita dei materiali.

Un'ipotesi che intendo dimostrare nella tesi è che il risanamento e la densificazione dei quartieri degradati della città consolidata, in special modo nell'ambito dell'Area Metropolitana, in contrapposizione all'ulteriore ampliamento del perimetro urbano catanese e dei comuni contermini, possano contribuire a ridurre il consumo di suolo agricolo e naturale e l'uso di materiali da costruzione, migliorando le prestazioni degli indicatori eMergetici.

A tale scopo, nella terza parte, corrispondente al quinto capitolo, è stato sviluppato il secondo caso-studio sul raffronto dei costi eMergetici insediativi presunti tra due agglomerati tipici del nucleo urbano catanese, Librino e San Cristoforo Sud, allo scopo di formularne il giudizio di convenienza. Si è proceduto innanzitutto alla descrizione del Piano di Zona di Librino, concepito all'inizio degli anni Settanta dello scorso secolo per soddisfare il fabbisogno abitativo di circa 68.000 persone e del Programma Integrato di Intervento del rione storico di San Cristoforo Sud, nel quale accogliere 2.300 abitanti circa, in aggiunta a quelli già insediati. Giacché dalla consultazione della bibliografia esistente non sono rinvenuti esempi significativi di contabilità eMergetica a livello di pianificazione urbanistica e territoriale, ad eccezione di alcuni saggi sulla crescita dirompente di Taiwan e della sua capitale Taipei (Huang), ho allestito un'apposita metodologia di calcolo e ne ho presentato le fasi costitutive. Gli esiti dell'indagine sono stati dettagliatamente commentati, deducendo le proprietà invarianti negli interventi analoghi di riqualificazione e/o espansione urbana.

Le considerazioni conclusive e gli spunti di riflessione per ulteriori sviluppi dell'Analisi EMergetica a integrazione/supporto dei tradizionali strumenti pianificatori completano la tesi.

Si ringraziano per le informazioni ricevute: l'architetto Pelleriti e il geometra Pennisi della Direzione Urbanistica e Gestione del Territorio (Comune di Catania); l'ingegnere Ferracane (Servizio Fognature), l'ingegnere Palmeri (Servizio Manutenzioni), i geometri Falzone e Strano (Servizio Progettazione e realizzazione nuovo verde e arredo urbano), la signora Frisenna della Direzione LLPP e Manutenzioni (Comune di Catania); l'ingegnere Lo Giudice e il geometra Mangano della STA Progetti, S. G. La Punta (CT); l'ingegnere Zanghì dello Studio di progettazione Ellenia+Tre, Tremestieri Etneo (CT).

La responsabilità dei dati è da attribuire esclusivamente all'autrice.

PARTE PRIMA
IL PROBLEMA ENTROPICO NEI TERRITORI

CAPITOLO 1. La questione energetica

1.1 Spreco energetico e inquinamento

Dai primi anni Settanta si è discusso di “crisi energetica” in riferimento alle difficoltà per i paesi occidentali di rifornirsi di petrolio a seguito del conflitto arabo-israeliano del Kippur ed al conseguente innalzamento dei prezzi del greggio da parte dell’OPEC. Dall’ascolto dei dibattiti economici e politici che si accesero sin da allora, si è consolidata nell’opinione pubblica la convinzione di essere di fronte solamente ad un problema di forniture o di esaurimento delle riserve. In effetti dall’avvento della seconda rivoluzione industriale, nella seconda metà dell’Ottocento, ad oggi il petrolio è divenuto merce base di ogni attività di trasformazione ed il suo prezzo, seppur con oscillazioni, si è mosso in una direzione univoca: verso l’alto. La discussione sul suo rincaro è piuttosto complessa, sottolineano Zorzoli e Ragozzino (2006), e andrebbe focalizzata intorno a tre fattori. Intanto “di petrolio non c’è ne solo uno” – osservano gli autori – paragonandolo efficacemente ad un personaggio pirandelliano dagli innumerevoli volti, nel senso che, a seconda del greggio utilizzato (*Brent, West Texas Intermediate, Arabian Light*, ecc.), le quote di benzina, gasolio, olio combustibile possono variare molto¹. Secondariamente, non ci sono certezze neppure sulle riserve (“troppe riserve sulle riserve”²) per le ovvie difficoltà tecniche di stimare i giacimenti presenti e sfruttabili. Ma, soprattutto, la commistione con il mondo della finanza ha reso la questione estremamente intricata: queste previsioni sono volutamente circondate da un alone di mistero, spesso gonfiate rispetto alla loro consistenza reale, così da incrementare il valore di borsa delle azioni delle compagnie petrolifere.

La scarsità di questa fonte energetica rappresenta un’emergenza perlopiù per il settore dei trasporti (“il petrolio viaggia ormai su quattro ruote”³) poiché per gli altri usi (industriale, civile, ecc.) si pensa ormai ad altre forme di approvvigionamento: nel 2000 più del 46% di un barile è stato destinato ai trasporti; negli USA più del 90% di tutta l’energia utilizzata dagli autoveicoli è costituita dai prodotti petroliferi; in Europa poco più dell’80%⁴.

La cosiddetta “questione energetica” va, in realtà, impostata diversamente: non riguarda la carente disponibilità di petrolio, giacché ormai siamo in grado di creare quanta energia vogliamo da fonti alternative, ma piuttosto, l’inarrestabile incremento entropico enunciato dal secondo principio della termodinamica che discende da qualsiasi attività economica (Amata, 2009):

“Altra questione è la crisi energetica, non solo perché le risorse energetiche su scala secolare non sono inesauribili e pertanto lo spreco

¹ Zorzoli G. B., Ragozzino G. (2006), *Un mondo in riserva*, pp. 9-38.

² Ibidem, p. 15.

³ Ibidem, pp. 39-55.

⁴ Ibidem, pp. 40-41.

energetico le fa assottigliare, bensì soprattutto perché il loro impiego determina dei processi termodinamici irreversibili con alterazione dei diversi cicli della vita planetaria (ciclo dell'anidride carbonica, dell'ossigeno, dell'azoto, dell'acqua, ecc. considerati ovviamente non separatamente ma nella loro interdipendenza) e con conseguenti fenomeni ambientali incontrollabili⁵.

L'inquadramento storico del problema, affrontato nel suo approccio scientifico, è mirabilmente riassunto anche da altri autori quali Nebbia (1983), Martinez-Alier (1991b), Bresso (1993; 1997). Tra i libri "simbolo" della presa di coscienza dei vincoli termodinamici al consumo irresponsabile delle risorse naturali, pubblicati qualche anno prima o in concomitanza degli avvenimenti politici citati all'inizio del paragrafo, vengono segnalati: Barry Commoner (1972), *Il cerchio da chiudere*; Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers e William W. Behrens III (1972), *I limiti dello sviluppo*; Nicholas Georgescu-Roegen (1971; 1982), *The entropy law and the economic process*; *Energia e miti economici*; Salvatore Notarrigo (1980), *Introduzione*, in Amata, *Il valore sociale*.

"La vita sull'ecosfera – osserva Commoner – funziona secondo dei cicli chiusi (...) che legano indissolubilmente l'ambiente abiotico e gli organismi viventi. La natura non conosce rifiuti, per cui ogni effetto è anche una causa"⁶: le carcasse e le deiezioni degli animali divengono cibo per i batteri i cui escreti, a loro volta, nutrono le piante successivamente mangiate dagli animali stessi.

Gli equilibri ecologici sono stati però alterati dall'attuale sistema economico che, in base ad una sequenza lineare, attinge al capitale naturale, accumulatisi in milioni di anni, per realizzare merci, le mette in commercio e, compiuti i processi consumistici, "le getta via", ammassandole da qualche parte.

Continua Commoner:

«Senza i processi biologici che per millenni hanno avuto corso nel terreno, oggi non avremmo né raccolti, né petrolio, né carbone. Questa macchina è il nostro capitale biologico, l'apparato di base da cui dipende la nostra produttività. Se la distruggiamo, anche la nostra tecnologia più avanzata risulterà inutile. (...) Il sistema attuale di produzione è autodistruttivo; l'andamento attuale della società umana sembra avere come fine il suicidio. (...) Gli esseri umani hanno spezzato il cerchio della vita, spinti non da necessità biologiche, ma da un'organizzazione sociale che hanno progettato per "conquistare" la natura: strumento per acquisire ricchezze governato da esigenze in conflitto con quelle che regolano la natura. Il risultato ultimo è la crisi ambientale, una crisi di sopravvivenza. Una volta ancora per sopravvivere, dobbiamo chiudere il cerchio. Dobbiamo imparare a restituire alla natura la ricchezza che le chiediamo in prestito»⁷.

Data l'urgenza della situazione, Commoner propone, infine, che le soluzioni, consistenti nella ricerca di un nuovo ordinamento sociale ed economico in armonia con i processi vitali, siano determinate instaurando collaborazioni interdisciplinari tra l'economista e l'ecologo, correndo anche

⁵ Amata G. (2009), *La questione energetica e metodologie di valutazione*, p. 93.

⁶ Commoner B. (1972), *Il cerchio da chiudere*, p. 101.

⁷ Ibidem, p. 265.

il rischio di sconfinare dalle proprie discipline e di ricevere, perciò, severe critiche.

Ne *I limiti dello sviluppo*, Meadows et al. del Massachusetts Institute of Technology, prefigurano degli scenari inquietanti per l'intera vita sul pianeta qualora il mondo occidentale, inseguendo il miraggio della crescita economica indefinita, proseguisse nel suo irresponsabile dispendio di risorse naturali. Nell'edizione aggiornata nel 1993, intitolata eloquentemente *Oltre i limiti dello sviluppo*, gli autori divulgano il risultato di una serie di simulazioni effettuate al computer mediante un programma appositamente creato, *World 3*: "la capacità di carico della Terra è stata superata ed occorre "riportare "giù" il mondo, farlo rientrare nel campo della sostenibilità"⁸. L'ultima versione del 2006, *I nuovi limiti dello sviluppo*, pur riconoscendo una maggiore sensibilità collettiva per le problematiche ambientali rispetto al passato, rimarca il pericolo di potenziali collassi ambientali e l'inadeguatezza di indicatori quali il prodotto interno lordo (PIL) ad affrontarli. Le discussioni intorno alle performance dei PIL nazionali, i quali esprimono il valore monetario annuo di beni e servizi finali ottenuti, trascurano l'insormontabile circostanza che la società è in realtà sostenuta da grandezze reali, cioè macchine e fabbriche che, con il contributo di altri fattori produttivi (forza lavoro, energia, materiali, terra, acqua, tecnologia, gestione, ecc.) producono beni di consumo e di investimento. I ricercatori, dopo aver distinto il capitale naturale tra sorgenti e pozzi d'assorbimento, includendo, tra le prime, i giacimenti minerari, acquiferi e lo stock di sostanze nutritive presenti nei suoli e, tra i secondi, l'atmosfera, i corpi idrici superficiali e le discariche, osservano che i limiti fisici della crescita riguardano, da un lato, "la capacità delle sorgenti planetarie di fornire materiali ed energia" e, dall'altro, "la capacità dei pozzi planetari di assorbire inquinamento e rifiuti"⁹. Nei loro procedimenti valutativi essi ricorrono ad indicatori imperniati sul calcolo di grandezze fisiche, quali l'impronta ecologica, che "consente di stimare il consumo di risorse e la richiesta di assimilazione di rifiuti da parte di una determinata popolazione umana o di una certa economia e di esprimere queste grandezze in termini di superficie di territorio produttivo corrispondente" (Wackernagel, Rees, 1996)¹⁰. Essa può essere ridotta diminuendo la popolazione, modificando i

⁸ Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., (2006), *I nuovi limiti dello sviluppo*, p. 9.

⁹ Ibidem, p. 30.

¹⁰ L'impronta ecologica determina la quantità di territorio biologicamente attivo, ossia in grado di produrre biomassa attraverso il processo di fotosintesi, che viene utilizzato da una determinata popolazione, indipendentemente dai confini amministrativi dell'area geografica nella quale essa dimora. La sua prima formulazione teorica risale ai primi anni Novanta, ad opera di due docenti dell'Università di Vancouver, W. Rees e M. Wackernagel, ma il vero riscontro ufficiale avvenne in occasione del vertice "Rio+5", nel 1997, quando Wackernagel presentò un lavoro dedicato al calcolo delle impronte ecologiche dei 52 paesi del mondo che ospitavano l'80% della popolazione mondiale e detenevano il 95% del PIL mondiale. Essendo tale indicatore divulgabile mediante un linguaggio facilmente comprensibile anche per i non addetti ai lavori, esso è divenuto uno strumento basilare del WWF internazionale (WWF International, *Living Planet Report 2000 e 2002*) e nazionale ai fini della quantificazione dello sfruttamento del patrimonio naturale mondiale. Nel nostro Paese sono state effettuate diverse applicazioni a livello locale: tra queste ricordiamo quella relativa al Comune di Siena, alla Regione Liguria, alle Regioni Obiettivo 1. L'algoritmo seguito per la procedura di calcolo dell'impronta ecologica relativamente ad una determinata comunità consiste fondamentalmente nella raccolta dei dati inerenti i suoi consumi di risorse materiali

comportamenti di consumo o ricorrendo a tecnologie che permettono di impiegare le risorse in modo efficiente.

A Geogescu-Roegen, comunemente ritenuto fondatore dell'Economia ecologica, si deve l'interpretazione energetica della questione ambientale. Zamagni, nella presentazione dell'edizione italiana di *Energia e miti economici*, gli attribuisce il merito di aver scardinato il riduttivo schema del processo economico elaborato dalla Scuola Neoclassica (Fig. 1.1), indefinitamente sospeso tra le fasi di produzione e consumo, senza alcun ruolo per la natura, introducendo, per il tramite della legge dell'entropia, il concetto di "freccia del tempo".



Fig. 1.1 – Il modello economico della Scuola Neoclassica (Turner et al., 2003)

Pertanto dal dogma della “meccanica dell'utilità e dell'interesse egoistico” (Jevons, 1879)¹¹ lo scienziato rumeno giunge ad un nuovo costrutto concettuale imperniato sul secondo principio della termodinamica: “L'economia è lo studio delle trasformazioni di materia ed energia realizzate dall'attività umana e quella di entropia è la legge fisica che tratta proprio di tali trasformazioni”¹². In Fig. 1.2 è rappresentato il sistema produttivo allargato agli scambi con l'ambiente.

Più precisamente l'energia è sottoposta a una rigorosa legge di conservazione, il primo principio della termodinamica, “che non preclude la possibilità che una quantità di lavoro possa essere trasformata in calore e che questo calore venga poi riconvertito nell'iniziale quantità di lavoro”¹³. È il secondo principio che nega la crescita esponenziale infinita giacché l'energia disponibile o libera si tramuta in calore non più utilizzabile dall'uomo. Pertanto, si può inconfutabilmente concludere che “la legge dell'entropia è la più economica di tutte le leggi naturali”¹⁴.

ed energetiche, tradotti, mediante fattori di conversione, in territorio ecologico produttivo ed espressi in ettari. Inoltre, la differenza tra il dato ottenuto e la “biocapacità” del contesto fisico nel quale la suddetta popolazione vive, anch'essa riferita in ettari, porta al calcolo del cosiddetto “deficit ecologico”, ossia della “rapina” di risorse prodotte da altre aree geografiche.

¹¹ Jevons S. (1879), *The theory of political economy*, p. 21.

¹² Zamagni S. (1982), *Introduzione*, in Geogescu-Roegen N., *Energia e miti economici*, p. 11.

¹³ Geogescu-Roegen N. (1982), *Energia e miti economici*, p. 30.

¹⁴ *Ibidem*, p. 31.

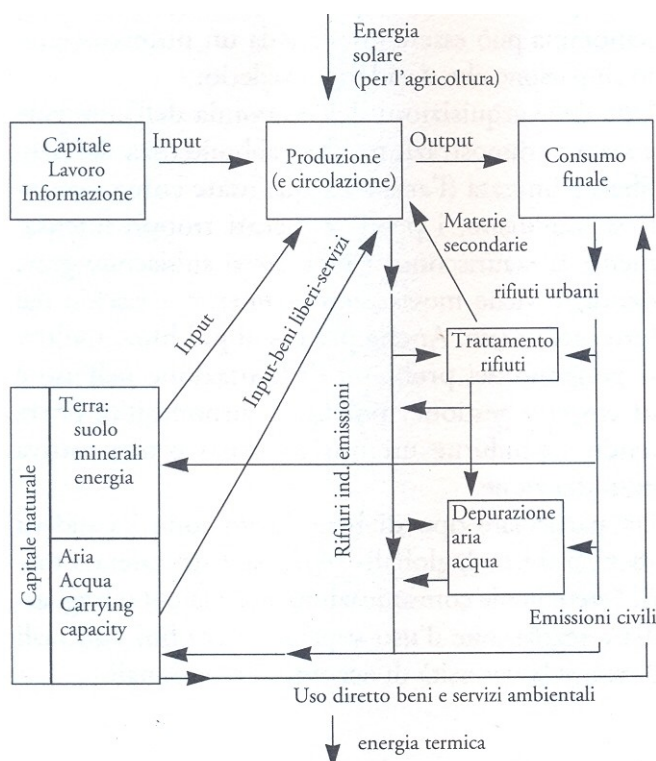


Fig. 1.2 – Sistema produttivo allargato agli scambi con l'ambiente (Bresso, 1997)

Notarrigo ha osservato che negli ultimi tempi i processi di trasformazione con conseguente degradazione energetica sono stati così vasti e intensi da interessare tutta l'ecosfera. Pertanto, paragonando la Terra ad una macchina termica che scambia flussi di calore tra una sorgente calda (il Sole) e un serbatoio freddo (gli spazi interstellari), ha predisposto un modello di calcolo del bilancio energetico imperniato sulla seguente equazione differenziale:

$$\frac{dE}{dt} = N - S$$

dove E rappresenta l'energia libera utilizzabile per compiere lavoro, N il flusso di negaentropia o ordine costruito dagli organismi viventi tramite la fotosintesi clorofilliana, S il flusso di entropia associato ai processi irreversibili. Secondo l'autore gli attuali consumi energetici stanno intaccando le riserve di negaentropia accumulate in tempi geologici, con il rischio di determinare la catastrofe ecologica a livello planetario¹⁵.

1.2 Il ruolo della natura nel pensiero economico

Dall'exkursus storico delle teorie economiche si evince che il ruolo primario assegnato alla natura dalla Fisiocrazia, dalle teorie classiche

¹⁵ Notarrigo S. (1980), in Amata G., *Il valore sociale*, pp. VII-XI.

(Petty, Smith, Ricardo) e marxiana viene sostanzialmente eluso dalla Scuola Neoclassica.

Petty, sul finire del Seicento, ritiene che il valore delle merci debba ricondursi alle quantità di terra e di lavoro umano necessari a produrle. Tale concetto viene descritto mediante un semplice ma efficace aneddoto: un bushel di grano avrà il prezzo di un'oncia di argento se il tempo occorrente per un uomo a coltivare e a raccogliere tale quantitativo di grano è uguale al tempo necessario per un altro uomo a viaggiare sino ad una miniera di argento, estrarre, raffinare e portare il metallo nello stesso paese dove è ubicata la piantagione, ed infine coniarlo, ipotizzando che, frattanto, i due individui abbiano di che nutrirsi e vestirsi¹⁶.

Nella metà del Settecento Quesnay¹⁷ rappresenta l'ideale sistema economico del regno francese come un circuito chiuso il cui surplus coincide con i doni offerti generosamente dalla terra, sollecitata dal lavoro umano. Infatti, secondo i fisiocratici, solo il settore agricolo è in grado di creare sovrappiù rispetto a ciò che è stato originariamente utilizzato nel processo produttivo ed è alla fertilità della terra stessa che va attribuito il potere di far nascere un "prodotto netto". Ciò che rende affascinante e, per certi versi, rivoluzionario, il *Tableau economique*, è la "proposta di redigere una contabilità fisica, naturale dei flussi di prodotti agricoli in una economia"¹⁸.

La rendita dei terreni agricoli è definita da Ricardo, nella prima metà dell'Ottocento, come "quella parte del prodotto che viene pagata al proprietario per l'uso dei poteri originari e indistruttibili del suolo"¹⁹ erodendo, perciò, la quota di profitto dell'imprenditore. Pertanto, deduce Bresso, può essere considerata una misura del contributo che il capitale naturale fornisce alla produzione²⁰; inoltre, riducendo il saggio di profitto, pone dei limiti alla crescita economica²¹, conducendo la società verso un "melanconico stato stazionario". A differenza della rendita assoluta, che è associata a tutti i terreni, indipendentemente dalla loro qualità, e si determina a seguito dell'occupazione di tutti i suoli di un paese, la parte differenziale viene corrisposta in proporzione alla loro eventuale, maggiore fertilità. Riporto i passaggi più salienti della spiegazione addotta dallo studioso inglese:

"Non appena insediati in un paese che abbonda di terra ricca e fertile, della quale basti coltivare solo una piccolissima parte per mantenere la popolazione o se ne possa coltivare solo una piccolissima parte con il capitale di cui la popolazione dispone, non vi è rendita; infatti, nessuno pagherebbe per l'uso della terra dove ce ne fosse un'abbondante quantità non ancora appropriata e perciò a disposizione di chiunque volesse coltivarla. Secondo i comuni principi della domanda e dell'offerta, per questa terra non si potrebbe pagare una rendita per la stessa ragione per cui non si dà nulla per l'uso dell'aria e dell'acqua o per qualsiasi altro dono della natura che esiste in quantità illimitata. (...) È quindi soltanto perché la

¹⁶ Petty W. (1972), *Scritti*, pp. 84, 85.

¹⁷ Quesnay F. (1758-59), *Tableau economique*.

¹⁸ Nebbia G. (2002), *Le merci e i valori. Per una critica ecologica al capitalismo*, p. 45.

¹⁹ Ricardo D. (2006), *Principi di economia politica e dell'imposta*, p. 222.

²⁰ Bresso M. (1993), *Per un'economia ecologica*, p. 63.

²¹ Bresso M. (1997), *Economia ecologica*, p. 10.

quantità della terra non è illimitata e la sua qualità non è uniforme, e perché man mano che la popolazione aumenta viene coltivata terra di qualità inferiore o in posizione meno vantaggiosa, che si passa una rendita per il suo uso. Quando, col progredire della società, viene coltivata una terra di secondo grado di fertilità, si forma subito una rendita su quella di prima qualità, il cui ammontare dipenderà dalla differenza di qualità di queste due porzioni di terra”²².

Marx (1875) ritiene la natura “fonte dei valori d’uso (e in questi consiste la ricchezza effettiva!) altrettanto quanto il lavoro che, esso stesso, è soltanto la manifestazione di una forza naturale, la forza-lavoro umana”²³. Sebbene non potesse essere in grado di comprendere appieno il fenomeno dell’inquinamento, egli denuncia l’alterazione del “ricambio organico fra uomo e terra” causato dall’ammasso delle popolazioni operaie nei grandi centri urbani, con effetti deleteri sulla loro salute e la “rovina delle fonti durevoli” della fertilità della terra in conseguenza dello sfruttamento intensivo del suolo da parte dell’agricoltura capitalistica²⁴.

I Neoclassici introducono un nuovo paradigma economico secondo cui solo le caratteristiche soggettive di “scarsità” ed “utilità” conferiscono valore ai beni, minimizzando perciò il contributo della natura nei processi produttivi ed accantonando le teorie del lavoro incorporato sviluppate, nelle diverse accezioni, dai classici. La poca attenzione delle nuove teorie per le tematiche ambientali viene sottolineata, con varie sfumature, da numerosi autori. Tiezzi e Marchettini (1999) rimarcano che, con l’apparire del pensiero neoclassico, dal 1870 circa, e per circa un secolo, la scienza economica non prenderà in alcun modo in esame le interazioni fra il sistema economico e quello ecologico:

“In questa teoria statica del mercato, le precondizioni naturali delle azioni economiche sono considerate come date o come cosiddette “variabili esogene”, al pari di altri fattori fondamentali dello sviluppo economico a lungo termine, come il *know how*, le preferenze individuali e il quadro di riferimento politico-legale. (...) Alla base dell’economia neoclassica c’è una visione preanalitica dell’economia come sistema isolato. L’immagine fondamentale del processo di produzione e di consumo è quella di un flusso circolare dalle fabbriche ai magazzini e viceversa, senza né vie di entrata né vie di uscita. Questa immagine è definita in termini monetari, il che è fisicamente assurdo, perché conduce all’idea di un moto perpetuo”²⁵.

Il pensiero marginalista, nella sua formulazione più ortodossa, ricerca la massimizzazione del piacere individuale nel consumo di un’opportuna combinazione di beni economici “scarsi” in contrapposizione alla risorse gratuite perché “abbondanti”²⁶: l’acqua o l’aria, essendo disponibili in quantità pressoché illimitata, hanno utilità marginale pari a zero e sono liberamente fruibili da tutti.

²² Ricardo D. (2006), *cit.*, p. 224-225.

²³ Marx K. (1875), *Critica al “Programma di Gotha” del partito operaio tedesco*.

²⁴ Marx K. (1965), *Il capitale*, libro III, pp. 551, 552, 926.

²⁵ Tiezzi E., Marchettini N. (1999), *Che cos’è lo sviluppo sostenibile?*, pp. XIII-XIV.

²⁶ Amata G. (2007), *Per la riappropriazione e l’approfondimento dell’economia politica*, p. 43.

1.3 Cenni sulle metodologie di valutazione ambientale

Dinnanzi all'avvicinarsi dei fatti di cronaca relativi ai dissesti ecologici registrati in varie parti del globo terrestre, sin dalla metà del secolo scorso, l'economia ha cominciato timidamente ad affrontare la questione ambientale sviluppando strumenti di analisi e di intervento sempre più raffinati sino alla formazione di una sua branca, l'"Economia dell'ambiente" (Turner, Pearce, Bateman, 1993).

Nel quadro dell'impostazione marginalista gli effetti dell'inquinamento vengono trattati alla stregua di un qualsiasi costo esterno (esternalità negativa) causato da un fallimento del libero mercato. Pertanto, essi vengono internalizzati introducendo tasse, ricompense monetarie ai soggetti danneggiati, diritti di emissione negoziabili, sulla base del principio inquinatore-pagatore, e prevenuti mediante regole, divieti e sanzioni, dette anche norme "comando e controllo".

In particolare, nelle aree metropolitane, oggetto di particolare attenzione di questa tesi, come dimostra la scelta dei due casi-studio riguardanti la realtà catanese, Stellin e Stanghellini (1997) individuano la presenza di alcune rilevanti esternalità scaturite dall'elevata concentrazione degli insediamenti presenti a fronte di una scarsità delle risorse naturali disponibili. Essi le distinguono in: positive e negative; di produzione e di consumo; private e pubbliche; tecnologiche e pecuniarie (Tab. 1.1).

| Tipo di effetto | | | Natura dell'esternalità | |
|-----------------|-------------------|--|--|---|
| | | | Positiva | Negativa |
| Tecnologico | Fonte | Produzione | Integrazione fra imprese | Inquinamento da materiali di scarto dei processi produttivi |
| | | Consumo | Vicinanza a beni storico-culturali e ambientali | Inquinamento Congestione |
| | Tipo di fruizione | Privata (esauribile) | Riciclaggio di materiali di scarto da parte di privati | Inquinamento da traffico Abbandono di rifiuti |
| | | Pubblica (inesauribile) | Beni che migliorano l'ambiente urbano (p.e. parchi) | Aree industriali dismesse Aree degradate |
| Pecuniario | | Rendite percepite da proprietari di fondi rustici periurbani | Aumento dei costi dei fattori produttivi dovuto ad usi concorrenti | |

Tab. 1.1 – Esternalità ed aree metropolitane (Stellin, Stanghellini, 1997)

Tra le soluzioni proposte vi è il ricorso ad opportuni strumenti fiscali, consistenti, ad esempio, nel pagamento di una tassa associata alle attività produttive inquinanti. "Le condizioni di efficienza economica sono così di nuovo ripristinate"²⁷ ma, ci ricordano gli stessi autori, suddetti strumenti non cancellano le diseconomie esterne generate, semplicemente si limitano ad internalizzarle nelle scelte individuali. L'applicazione dei criteri di valutazione monetaria ai beni ambientali è dunque comprensibile se finalizzata a determinare gli indennizzi da corrispondere ai singoli o alla collettività a risarcimento degli eventuali danni subiti da inquinamento, ma rischia di rivelare "tutta l'artificiosità dei mercati simulati" in tutti gli altri casi, divenendo una "inutile complicazione" che serve solo a far perdere le

²⁷ Stellin G., Stanghellini S. (1997), *Politiche di riqualificazione delle aree metropolitane: domanda di valutazione e contributo delle discipline economico-estimative*, p. 50.

specificità e gli elementi conoscitivi dell'analisi dei suddetti beni (Bresso, 1993)²⁸.

Martinez-Alier (1991a) osserva in proposito che: “L'economia non possiede uno standard di valutazione comparata dal punto di vista ecologico. (...) La valutazione delle esternalità è così arbitraria, da non poter essere utilizzata come base per politiche ambientali razionali. Con il crescere della coscienza ecologica, in entrambe le economie le grandezze valutabili diventano una piccola isola che appena appena galleggia, in un mare di esternalità non calcolabili”²⁹. Egli cita il riscaldamento del globo come esempio di costo esterno non monetizzabile a causa delle assenti o non adeguate conoscenze sia sulle conseguenze fisiche di tale fenomeno che sulle preferenze delle generazioni future o delle persone indigenti, quali gli abitanti del Terzo Mondo³⁰.

Tra le metodologie di valutazione delle opere pubbliche l'Analisi Costi-Benefici (ACB) è sicuramente tra le più conosciute. Nata negli anni Trenta dello scorso secolo, sull'onda delle terapie keynesiane, essa fornisce “il bilancio consolidato di un'azione mediante la sommatoria dei suoi effetti positivi e negativi espressi in termini monetari” (Schmidt di Friedberg)³¹. Tale tecnica diventa fragile, però, se si devono valutare situazioni dove, oltre alle variabili economiche tradizionali, entrano in gioco elementi quali l'aria, la salute, il paesaggio, ecc., che, per loro natura, mal si prestano a misurazioni puramente economiche. L'ACB non è, pertanto, da considerarsi esaustiva al fine di stabilire se un'opera è da realizzarsi o meno poiché, come è noto, occorre valutarla non solo dal punto di vista economico ma anche delle sue potenziali ricadute sull'ambiente.

I limiti e le difficoltà esecutive riscontrati in questa procedura sono stati ampiamente sottolineati da diversi studiosi e, principalmente, riguardano i seguenti punti: a) la scelta del saggio di sconto sociale che rende necessaria una approfondita conoscenza della struttura dell'economia senza la quale si rischia di incorrere a vistosi errori di calcolo (Polelli³²; Amata³³); b) la stima dei benefici e dei costi “indiretti”, ossia esterni al mercato, per i quali bisogna ricorrere ai cosiddetti “prezzi ombra” (Bresso³⁴); c) la creazione dei prezzi ombra anche in presenza di situazioni monopolistiche per depurare i prezzi di mercato dalle conseguenze sorte con l'esistenza di tali posizioni di potere (Michieli I., Michieli M.³⁵); d) la valutazione dei benefici e dei costi “intangibili” relativi, in special modo, agli impatti sull'ambiente considerato come sede della vita organica (Amata³⁶).

La stessa definizione di “sviluppo sostenibile” contenuta nel rapporto Brundtland, “Our Common Future” (1987) stilato per conto dell'UNEP

²⁸ Bresso M. (1993), *cit.*, p. 329.

²⁹ Martinez-Alier J. (1991a), *Valutazione economica e valutazione ecologica come criteri di politica ambientale*, p. 15.

³⁰ *Ibidem*, pp. 16-18.

³¹ Schmidt di Friedberg P. (1998), *Parte generale*, in Schmidt di Friedberg P., Malcevski S., *Guida pratica agli studi di impatto ambientale*, p. 10.

³² Polelli M. (2006), *Nuovo trattato di Estimo*, p. 144.

³³ Amata G. (2011a), *Rapporto pubblico-privato, project financing, redditività pubblica e tasso di sconto: la disamina di alcune categorie per la corretta valutazione*.

³⁴ Bresso M. (1993), *cit.*, p. 329.

³⁵ Michieli I. Michieli M. (2002), *Trattato di Estimo*, p. 424.

³⁶ Amata G. (2009), *cit.*, p. 100.

(United Nations Environmental Programme), secondo la quale la soddisfazione dei bisogni presenti non deve compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri, contiene, ad esempio, un'intrinseca contraddizione relativa alla esauribilità dei minerali³⁷: "non è fisicamente possibile, per quanti sforzi si facciano per limitare lo sfruttamento della natura e per ridistribuire i prodotti, trarre dei beni fisici dalle riserve di risorse naturali e lasciare una equivalente quantità e qualità di risorse naturali alle generazioni future" (Nebbia, 2002). Fusco Girard e Nijkamp (1997) sottolineano come il concetto di sviluppo sostenibile sia stato interpretato dalla Commissione Brundtland in chiave paretiana, giacché consiste, nella sua accezione multidimensionale, nel raggiungimento dell'equità sociale inter e intragenerazione, dell'efficienza economica nell'uso delle risorse e, infine, della sostenibilità ecologica³⁸. Per contribuire a risolvere i problemi più gravi del nostro tempo, la crisi ecologica e la questione sociale, i due autori propongono di effettuare le valutazioni ai piani e programmi per la città e il territorio ricorrendo alle Analisi Multicriteri (AMC). Attivando suddetti metodi è possibile tenere conto dei punti di vista di tutti i soggetti coinvolti, garantendone la partecipazione democratica. Inoltre, affermano i due studiosi, occorre passare dall'antropocentrico e strumentale "valore economico totale" (Turner, Pearce, Bateman, 1993), che esclude i punti di vista delle generazioni future, dei ceti disagiati e degli organismi viventi dell'ecosistema biologico, al "valore sociale complesso" che, a differenza del primo, è in grado di catturare tutto il valore del capitale naturale/ambientale.

Tra le tecniche multicriteriali più note, l'Analytic Hierarchy Process (AHP), ideata da Saaty (1990), divulgata in Italia da Roscelli (1990) e aggiornata nel 2005 nell'Analytic Network Process³⁹, è in grado di supportare la scelta dei decisori pubblici fra diverse alternative progettuali, analizzandole da più angolazioni, applicando parametri stimabili quantitativamente mediante differenti unità di misura. Essa ci consente di individuare la soluzione con il più alto valore sociale complesso, "scardinando" il problema da valutare e analizzandolo per gradi di complessità in forma gerarchica.

Sebbene la metodologia AMC ci consenta di prescindere dall'aspetto monetario e di trattare problemi articolati, tuttavia in essa è possibile riscontrare alcune debolezze strutturali. Secondo alcuni autori essa appare "bella senz'anima", cioè una sorta di maniacale calcolo analitico fine a se stesso (Rizzo, 2000)⁴⁰, con il rischio, inoltre, di sottoporre il giudizio valutativo ad un certo grado di soggettività.

Dalla necessità delle autorità decisionali di verificare la compatibilità ambientale di determinate opere pubbliche e private è scaturita la procedura tecnico-amministrativa della Valutazione di Impatto Ambientale

³⁷ Nebbia G. (2002), *cit.*, p. 43.

³⁸ Fusco Girard L., Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, p. 22.

³⁹ Saaty T. L. (2005), *Theory and applications of the Analytic Network Process*.

⁴⁰ Rizzo F. (2000), *Il territorio come organizzazione autopoietica, struttura dissipativi e sistema politico-amministrativo: una scienza del valore e delle valutazioni*, in Macciocco G., Marchi G., *Dimensione ecologica e sviluppo locale: problemi di valutazione*, p. 39.

(VIA). Essa ha avuto origine negli Stati Uniti nel 1970 (National Environmental Policy Act)⁴¹ ed è stata introdotta in Europa dalla Direttiva Comunitaria n. 337 del 27 giugno 1985. La VIA prescrive l'analisi delle possibili ricadute su: "l'uomo, la fauna, la flora, il suolo, l'acqua, l'aria, i fattori climatici ed il paesaggio, l'interrelazione tra i suddetti fattori, i beni materiali ed il patrimonio culturale" (articolo 3 della Direttiva). In ambito nazionale è stata recepita mediante i Decreti del Presidente del Consiglio dei ministri del 10 agosto e del 27 dicembre 1988. L'imposizione di questo procedimento denota la maggiore sensibilità del legislatore per le tematiche ambientali, giacché, a differenza dell'ACB, i potenziali impatti vengono stimati attribuendo ad essi valori quantitativi e/o qualitativi, presupponendo una approfondita conoscenza interdisciplinare dei settori coinvolti. Nell'ambito della VIA sono state largamente utilizzate svariate tecniche valutative quali le liste di controllo e le matrici, per approdare ai più sofisticati metodi multicriteriali, già citati. Anche tali strumenti non sono esenti da critiche. Secondo I. Michieli I. e M. Michieli, le *checklist* si limitano ad elencare le caratteristiche ambientali potenzialmente interessate, specificandone le fonti informative e gli strumenti predittivi, senza esprimere però giudizi in merito⁴². Riporto nelle tabelle 1.2 e 1.3 due esempi rispettivamente di una lista di controllo e di una matrice.

| Settori ambientali | Dati richiesti | Fonti informative / tecniche predittive |
|------------------------|---|---|
| Aria | Variazioni nelle concentrazioni di inquinanti in atmosfera / frequenza di episodi e numero di persone esposte a rischio | Emissioni attuali e previste, modelli di dispersione, mappe della popolazione |
| Paesaggio | Variazioni visibilità (fumi nebbia) emissioni odori e degrado della qualità dell'aria / numero di persone danneggiate | Inchieste, processi industriali, previsti volumi di traffico |
| Acqua | Variazioni negli usi idrici ammissibili e numero di persone interessate per ogni corpo idrico rilevante | Affluenti attuali e previsti, concentrazioni attuali nei corpi idrici, modelli previsionali della qualità dell'acqua |
| Rumore | Variazioni nei livelli di rumore, frequenza di episodi e numero di persone disturbate | Variazioni nel traffico, nelle fonti e nelle barriere di rumore; modelli di propagazione del rumore, inchieste sul grado di soddisfazione dei cittadini con i livelli di rumore attuali |
| Ecologia | Se il progetto minaccia la vegetazione o le popolazioni animali | Modifica delle condizioni dei nutrienti |
| Sistema occupazionale | Quali attività industriali e commerciali possono influenzare il progetto | Incremento dei posti di lavoro |
| Trasporti | Se il progetto può indurre un incremento del volume di traffico (terrestre, aereo, ecc.) nel territorio considerato | Inquinamento da rumore o vibrazione, oppure aumento del rischio di incidenti per la popolazione |
| Infrastrutture sociali | Se il progetto comporta una domanda di servizi aggiuntivi | Incremento delle forniture di elettricità, gas, fognature, istruzione, abitazioni, servizi socio sanitari, ecc. |
| Suolo | Se il progetto comporta scavi di terra | Erosione del suolo |

Tab. 1.2 – Esempio di una lista di controllo (Michieli I., Michieli M., 2002)

⁴¹ Polelli M. (2006), *cit.*, p. 594.

⁴² Michieli I. Michieli M. (2002), *cit.*, pp. 429-430.

| Caratteristiche ambientali | Attività previste | Predisposizione del terreno | Costruzione | Funzionamento a regime | Attività future connesse all'opera |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------|------------------------|------------------------------------|
| Suolo | | +3 | | +4 | +2 |
| Acqua | | -4 | | | -2 |
| Aria | | -3 | +2 | | +1 |
| Flora | | | -4 | +2 | |
| Clima | | | +8 | -6 | +3 |
| Paesaggio | | -5 | | -8 | |

Tab. 1.3 – Esempio di matrice puramente dimostrativo (Michieli I., Michieli M., 2002)

Quanto alle matrici, costituite da tabelle a doppia entrata con i fattori ambientali e le azioni del progetto rispettivamente disposti nelle righe e nelle colonne, gli effetti vengono valutati mediante scale di valori da 1 a 10, "puramente convenzionali"⁴³, quindi - deduce Amata - largamente approssimative e soggettive⁴⁴.

Mentre la VIA si applica ad un singolo progetto la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) opera ad una più vasta scala di piani e programmi verificandone la rispondenza con gli obiettivi dello sviluppo sostenibile.

La VAS è regolamentata dalla Direttiva Europea n. 42 del 2001 e recepita in ambito nazionale dai Decreti Legislativi n. 152 del 3 aprile 2006 e n. 4 del 16 gennaio 2008. L'articolo 3 della Direttiva specifica i settori per i quali è obbligatoria la VAS, compresi la pianificazione territoriale e la destinazione dei suoli. La stretta connessione temporale tra il processo pianificatorio da un lato e quello valutativo dall'altro (articolo 4), che conduce, tramite un'attiva partecipazione pubblica, alla selezione tra più alternative progettuali nonché ad eventuali correzioni del piano stesso, è una prerogativa indispensabile - osserva Mondini - senza la quale "l'attività di valutazione rischia di essere inutile ed efficace"⁴⁵.

Secondo Franceschetti e Pagan (2007) ogni indicatore da adoperare nelle diverse fasi della VAS deve soddisfare i seguenti criteri: pertinenza al tema esaminato, significatività e rappresentatività, semplicità (ossia comunicabilità e adattabilità ai contesti locali), sensitività alle azioni di piano e coerenza al livello di dettaglio. I set di indicatori, raggruppati per tema, devono rispondere ai criteri di: esaustività, approccio sistemico (ossia capacità di descrivere relazioni interne) ed orientamento allo scopo (valutativo).

Come è emerso in occasione di un recente convegno nazionale tenutosi a Catania⁴⁶, organizzato dal Centro Nazionale studi Urbanistici (CeNSU), sulla VAS nei piani urbanistici, lo stato dell'arte dei rapporti

⁴³ Michieli I. Michieli M. (2002), *cit.*, p. 431.

⁴⁴ Amata G. (2009), *cit.*, p. 101.

⁴⁵ Mondini G. (2009), *Bilanci e prospettive*, in Bottero M., Mondini G. (a cura di), *Valutazione e sostenibilità*, p. 62.

⁴⁶ CeNSU, Consiglio Nazionale Ingegneri, *Strumenti legislativi e tecnici per la Valutazione Ambientale Strategica dei piani urbanistici, Proposta di mozione finale*, Catania, 5-6 marzo 2010.

ambientali sinora approntati, mostra alcune criticità. In particolare, si constata l'impiego di una moltitudine non codificata di indicatori dai contenuti prevalentemente qualitativi a discapito di quelli quantitativi, che indagano su singole tematiche senza cogliere la complessità dei fenomeni, quindi inefficaci e scarsamente comprensibili ai non addetti ai lavori. Inoltre, sembra che più frequentemente ci si focalizzi sugli aspetti procedurali a scapito di quelli contenutistici. Pertanto, nella proposta di mozione finale del convegno, il CeNSU auspica che la VAS "assuma un reale ruolo di indirizzo delle scelte di gestione del territorio, superando il mero significato di atto formale, divenendo parte integrante del processo di pianificazione ai diversi livelli" e l'applicazione di "metodi scientificamente validi per la verificabilità dei risultati delle valutazioni".

In merito ad un approccio "tecnocratico e scienziata alle politiche ambientali" Magnaghi A. e Marson A. (2005)⁴⁷ ne sottolineano i limiti e la discrezionalità, potendo anche celare interessi di parte:

"L'approccio tecnocratico e scienziata ha costituito a suo tempo l'esito intenzionalmente ricercato del tentativo di svincolare le politiche ambientali, e in particolare la loro attuazione, dagli arbitrii della politica intesa come rappresentanza di interessi organizzati. Da diversi anni tuttavia è ormai considerato un dato di fatto la facile manipolazione anche dell'expertise scientifico in nome di interessi politici di parte. L'approccio tecnocratico e scienziata non è perciò garanzia né di razionalità nelle scelte né di loro indipendenza dagli interessi di parte più forti"⁴⁸.

1.4 Introduzione all'Analisi EMergetica

Con la diffusione del pensiero neoclassico, fondamentalmente imperniato sui dogmi teorici del libero mercato e del pieno sfruttamento delle risorse, dal 1870 circa e per oltre un centinaio di anni, le connessioni tra il sistema economico e quello ecologico vengono assolutamente trascurate.

Secondo i principi marginalisti sembrerebbe che il benessere della società dipenda quasi esclusivamente dal volume dei consumi finali. Da ciò deriva il mito della crescita economica attestata da valori del prodotto nazionale lordo (PNL) sempre più in rialzo. In un saggio dall'eloquente titolo "Mettere in conto la natura", Bologna (2005) rileva che:

"Nel 1950 il prodotto mondiale lordo era di 6.400 miliardi di dollari, nel 1998 ha sorpassato i 39.000 miliardi di dollari. Dal 1995 al 1998 la crescita del prodotto mondiale lordo è stata superiore a quella che si è avuta da quando la specie umana ha avviato la sua rivoluzione agricola, circa 10.000 anni fa, fino al 1900"⁴⁹.

Quanto ai consumi energetici si ha che, per raggiungere tali performance del PNL, essi sono esponenzialmente aumentati. Infatti, "fino al 1952 il flusso energetico attraverso la biosfera era regolato dalla

⁴⁷ Magnaghi A., Marson A. (2005), *Democrazia locale e politiche ambientali*, in Giovanelli F., Di Bella I., Coizet R., *Ambiente condiviso*, p. 99.

⁴⁸ Ibidem, p. 99.

⁴⁹ Bologna G. (2005), *Mettere in conto la natura*, in Giovanelli F., Di Bella I., Coizet R., *La natura nel conto*, p. 72.

fotosintesi e risultava largamente prevalente rispetto ai processi industriali, mentre quarant'anni più tardi l'energia derivata dai processi tecnologici (con l'utilizzo dei combustibili fossili) ha superato quella della fotosintesi di più del doppio"⁵⁰.

“Il successo dell'economia è pertanto misurato dalla velocità con cui le materie prime vengono sottratte dalle riserve, vengono trasformate dai “fattori di produzione” e vanno a finire poi in gran parte allo stato di rifiuti, nei grandi serbatoi naturali. Il prodotto nazionale lordo misura approssimativamente questa velocità. (...) In altre parole, il valore monetario deve riflettere il valore reale, così come il costo monetario deve riflettere il costo reale” (Boulding, 1971)⁵¹.

La crisi politica, economica e finanziaria che imperversa nei paesi occidentali ormai da qualche anno nonché i disastri ecologici avvenuti di recente (vedasi lo sversamento di greggio nel golfo del Messico e le esplosioni delle centrali nucleari in Giappone) avvalorano ulteriormente l'insostenibilità di questo *modus vivendi*. Tralasciamo, in questa sede, di approfondire la questione dell'avvenuto scollamento tra la produzione reale e il mondo finanziario nel quale, non di rado, si sono verificate e continuano a verificarsi transazioni di titoli fittizi (Amata, 2011b)⁵². Le cause sono da

⁵⁰ Ibidem, p. 72.

⁵¹ Boulding K. (1971), *Environment and Economics*, in Murdoch W., *Environment: Resources, Pollution and Society*, pp. 359-367.

⁵² In occasione del convegno SIEV tenutosi a Bologna il 12 novembre 2011, nell'ambito di URBANPROMO, G. Amata ha osservato che, per superare le attuali difficoltà economico-finanziarie, occorrerà introdurre delle incisive modifiche nel sistema economico così come è avvenuto per le altre grandi crisi del modo di produzione capitalistico che si sono manifestate nel corso dell'ultimo secolo e mezzo: a) la grande depressione del 1873-1890; b) la grande crisi del 1929-33; c) la stagnazione e la crescita veloce dell'inflazione a partire dalla fine del 1973 e fino ai primi anni '80. Egli sostiene che: “la crisi attuale, pur manifestandosi nel 2008 come crisi finanziaria (iniziando con il crollo dell'anzidetta finanza derivata ma interessando successivamente altri titoli come i bancari e gli industriali), affonda (...) le sue origini nella mancata soluzione della crisi di sistema degli anni Settanta. Essa porta immediatamente, oltre al crollo dei titoli finanziari, al fallimento di grandi banche d'investimento e richiede il sostegno da parte degli Stati al sistema bancario”. La conseguente accentuazione di debiti e deficit pubblici fa saltare nell'Unione Europea “i parametri del vecchio Patto di stabilità (accordi di Maastricht) ed impediscono di realizzare tutti i proponenti sul nuovo Patto di stabilità”. Egli conclude il suo ragionamento sostenendo che l'attuale crisi “interesserà gli assetti non solo economici, ma politici degli Stati o delle comunità di Stati che sono sorte o che sorgeranno proprio dalla sua evoluzione”. Pertanto suggerisce di programmare la crescita rilanciando “l'azione dell'intervento pubblico e la sua funzione imprenditoriale con un'ottica però diversa rispetto al passato, per evitare corruzione e burocraticismo dei tempi andati. (...) Nel rapporto pubblico-privato bisogna saper coniugare tre esigenze: a) analizzare attentamente il decorso dei rapporti di produzione e finalizzarli secondo un piano determinato; b) attuare una politica fiscale basata sull'equa distribuzione dei redditi; c) manovrare attentamente le categorie economiche e finanziarie secondo le priorità macro-economiche e saperle assumere come indicatori per i quesiti di valutazione. Si ritorna così al senso di quanto affermava Keynes analizzando il ciclo economico e suggerendo di distribuire gli investimenti per incrementare l'occupazione e la domanda effettiva, e superare la crisi”. A suo avviso, però, la teoria keynesiana contiene due limiti: “a) il primo, è rappresentato dal fatto che essa spesso non è in sintonia con le leggi che regolano le condizioni naturali d'esistenza; infatti, moltiplicando gli investimenti si possono aumentare sia occupazione che domanda effettiva, ma si aumenta l'inquinamento per i principi della termodinamica insiti nei processi di trasformazione e l'attività economica prima ancora di essere contabilità tra ricavi e costi è un processo di trasformazione da estrazione e lavorazione di materie prime a prodotto finito collocato nei diversi mercati; b) il secondo, è rappresentato dal fatto che essa è predisposta

addebitare alle differenti velocità delle attività naturali e antropiche. Rievocando la classificazione effettuata da Tiezzi in *Tempi storici, tempi biologici* (1984) distinguo i tempi in:

- *finanziari*, cioè relativi agli scambi azionari che, supportati dai potenti mezzi informatici, viaggiano impiegando pochi secondi, al più qualche ora;
- *storici*, ossia riguardanti gli avvenimenti e il lavoro umani, dell'ordine di centinaia-migliaia di anni (10^2 , 10^3);
- *biologici*, concernenti le attività naturali e l'evoluzione delle specie viventi sul pianeta Terra, dell'ordine di centinaia di migliaia, o anche milioni di anni (10^5 , 10^6);
- *minerali*, cioè della formazione della litosfera, l'azione del vento, delle maree, la deriva dei continenti, dell'ordine dei milioni o delle decine di milioni di anni (10^6 , 10^7)⁵³.

La voracità dei consumi umani mal si accorda con le ampie finestre temporali in cui si inquadrano i fenomeni naturali, provocando di conseguenza guasti ambientali che la stessa natura dovrà poi riparare.

L'altro fattore da attenzionare sono i "limiti" biofisici del pianeta Terra: non si può continuare a profetizzare la crescita inarrestabile dei consumi se la disponibilità delle risorse è scarsa.

"Consumi? – si chiede Nebbia (2002) – noi non consumiamo niente. Quando abbiamo mangiato, o bruciato la benzina in un motore, o letto un giornale, gli oggetti usati, e i loro prodotti di trasformazione, con il loro carico di materia, di atomi e di molecole, continuano ad esistere, anche se vengono gettati via, "rifiutati", dagli esseri umani. (...) La nostra non è, perciò una società dei consumi, ma una società degli scarti e dei rifiuti"⁵⁴.

Egli evidenzia l'elevata efficienza dei processi naturali nella biosfera, la quale è caratterizzata da un ricambio continuo (Fig. 1.3), in contrapposizione alla creazione antropica, unidirezionale, di merci e rifiuti a mezzo natura che gonfia la "tecnosfera", definita come "pezzo di pianeta occupato dalle cose fabbricate e usate dagli umani" (Fig. 1.4).

considerando immutabile l'attuale modo di produzione". Infine, Amata afferma che questa crisi ancora una volta ha dimostrato che una teoria economica può essere ritenuta valida solo se sa spiegare e prevedere l'andamento dei processi reali: "per questo fine tutta l'economia classica rimane un baluardo teorico insostituibile. Da Petty a Marx, passando per Smith e Ricardo, è stato dimostrato che la ricchezza si crea con il lavoro. Marx ha aggiunto che il lavoro non pagato si trasforma in plusvalore e la ricchezza creata dai produttori si trasferisce ad altri, nonché che ogni modo di produzione è storicamente determinato. Chi ha eluso od ha dimenticato queste categorie di riferimento ha sostenuto con spavalderia che la ricchezza si poteva creare non con il lavoro ma con la "finanza creativa", un perverso meccanismo d'accumulazione basato sulla compravendita di titoli e sul loro maggior valore all'infinito. Il vento della crisi ha spazzato questo castello di sabbia. Aggiungendo alla teoria classica molto materiale di studio elaborato da Keynes e le riflessioni teoriche che scaturiscono dall'evoluzione dell'attuale contesto economico-sociale mondiale si potranno avere utili indicazioni per le modifiche di sistema che bisogna realizzare per superare la crisi e avanzare nella transizione verso nuovi scenari di organizzazione economico-sociale".

⁵³ Bresso M. (1993), *cit.*, p. 336.

⁵⁴ Nebbia G. (2002), *cit.*, p. 11.

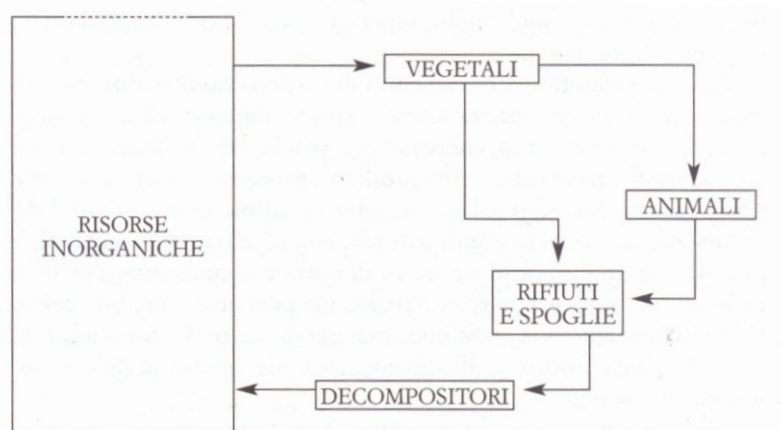


Fig. 1.3 – La circolazione della materia (e dell'energia) nella biosfera (Nebbia, 2002)

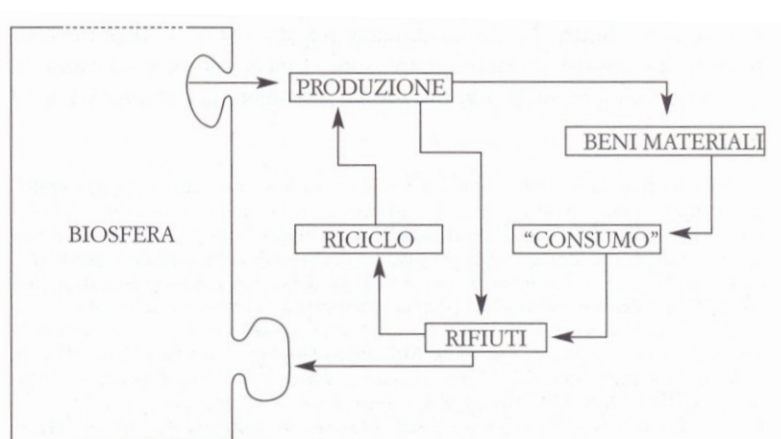


Fig. 1.4 – La circolazione della materia (e dell'energia) nella tecnosfera (Nebbia, 2002)

Pertanto si può parlare efficacemente di “produzione di merci a mezzo natura”⁵⁵ e descrivere tale percorso mediante la seguente sequenza (in analogia con la simbologia utilizzata da Marx quando descrive, ne *Il Capitale*, la legge economica della formazione sociale capitalistica):

Natura – Produzione - Mercì – “Consumo” – Natura

Chiaramente più merci si producono e più l'inquinamento cresce poiché ogni processo di trasformazione rilascia entropia.

Occorre quindi “mettere in conto” la natura e adoperare supporti valutativi in grado di interpretare esaustivamente le istanze ambientali ed ecologiche ai fini della pianificazione e programmazione di nuovi interventi nel territorio: se letteralmente l'ecologia studia la “vita nella casa” e l'economia “gestisce il posto in cui si vive”, ne consegue l'affinità di

⁵⁵ Ibidem, p. 38.

entrambe le discipline (Odum E. P., 1988)⁵⁶. Ancora di più, essendo il dominio dei fenomeni esaminati dalla prima più ampio di quello della seconda, è opportuno valutare gli impatti ambientali in termini energetici prima che monetari, ritenendo la termodinamica “una fisica del valore economico” (Georgescu-Roegen, 1982)⁵⁷:

“Il processo economico, come qualunque processo vitale, è irreversibile (e in modo irrevocabile), di conseguenza, non può essere spiegato in termini esclusivamente meccanici. È la termodinamica, tramite la legge dell’entropia, che riconosce la distinzione qualitativa, che gli economisti avrebbero dovuto fare fin dagli inizi, fra input di risorse dotate di valore (bassa entropia) e output di scarti privi di valore (alta entropia)”⁵⁸.

“Verrà un giorno – afferma Nebbia – in cui le merci (e i servizi) saranno vendute non in base ad un prezzo in euro o in dollari o in yen, ma in base alla massa delle materie prime impiegate, o alla quantità di energia richiesta”⁵⁹.

È necessario, quindi, integrare la contabilità monetaria con quella energetica. A tale scopo occorrerebbe formulare una teoria del valore-energia delle merci, rispolverando e potenziando le teorie classiche e ridimensionando l’influenza dell’approccio esclusivamente utilitaristico dei neoclassici.

I tentativi effettuati nel passato di calcolare la produttività energetica delle attività di trasformazione sono stati passati in rassegna da Martinez-Alier, nel suo libro, *Economia ecologica*, evidenziando, talaltro, le non poche difficoltà tecnico-scientifiche riscontrate.

“L’analisi del valore delle merci sulla base del costo energetico può perciò aiutare a scegliere le materie prime, a progettare i materiali, gli imballaggi, i manufatti, sulla base di nuovi vincoli, quali la scarsità di energia o di materie prime. Sulla base di simili considerazioni si possono cercare altri indicatori fisici, naturali, del valore, come il costo in risorse naturali e il costo ambientale”⁶⁰.

L’Analisi EMergetica è stata introdotta dall’ecologo Howard T. Odum dai primi anni Ottanta: essa valuta in termini energetici le risorse naturali, rinnovabili e non, impiegate per ottenere merci e servizi. Il notevole interesse riscosso da questa metodologia presso il mondo scientifico, come testimonia la copiosa letteratura edita al riguardo nell’ultimo quindicennio, è dovuto alla sua capacità di comprendere negli input sia il lavoro eseguito dalla natura che quello umano, esprimendosi con il linguaggio della natura, senza forzature né rabberciature, adottando un’unica unità di misura, il joule di energia solare. Al suo approfondimento sono dedicati i successivi capitoli di questa tesi.

H. T. Odum è considerato uno dei capostipiti della recente disciplina “Economia Ecologica”. Per approfondire gli aspetti epistemologici di questo settore scientifico sono state fondate l’omonima rivista, “Ecological Economics”, e una società, “International Society for Ecological Economics” (ISEE).

⁵⁶ Odum E. P. (1988), *Basi di ecologia*, p.1.

⁵⁷ Georgescu-Roegen N. (1982), *cit.*, p. 31.

⁵⁸ Ibidem, pp. 31-32.

⁵⁹ Nebbia G. (2002), *cit.*, p. 12.

⁶⁰ Nebbia G. (1997), *La circolazione natura-merci-natura*.

A differenza dell' "Economia dell'ambiente" che, si è detto, nasce come branca degli studi neoclassici al fine di inserire nelle leggi di mercato i costi ambientali, l' "Economia ecologica" affronta la complessità delle problematiche ambientali in chiave interdisciplinare, adottando una visione globale, sistemica. Questo nuovo approccio, per usare l'invenzione semantica di De Rosnay (1977), presuppone l'utilizzo del "macroscopio":

"Il macroscopio non è un attrezzo come gli altri. È uno strumento simbolico, un insieme di metodi e di tecniche ispirate alle più svariate discipline. È inutile andarlo a cercare nei laboratori o nei centri di ricerca. Ma sono in molti a servirsene nei campi più disparati: il macroscopio, infatti, può essere considerato il simbolo di una nuova maniera di vedere, di comprendere e di agire. (...) Le parti si scambiano: non è più il biologo che scruta al microscopio una cellula vivente; è la cellula stessa che osserva al macroscopio l'organismo che la ospita"⁶¹.

Nell'editoriale del primo numero della rivista, pubblicata nel 1989, il presidente dell'ISEE, R. Costanza, definisce la nuova disciplina e ne chiarisce gli intenti:

"Ecological Economics addresses the relationship between ecosystems and economic systems in the broadest sense. These relationships are the locus of many of our most pressing current problems (i. e. sustainability, acid rain, global warming, species extinction, wealth distribution) but they are not well covered by any existing discipline. Environmental and resource economics, as it is currently practiced, covers only the application of neoclassical economics to environmental and resource problems. Ecology, as it is currently practiced, sometimes deals with human impacts on ecosystems, but the more common tendency is to stick to "natural" systems. Ecological Economics aims to extend the modest areas of overlap. It will include neoclassical environmental economics and ecological impact studies as subsets, but will also encourage new ways of thinking about the linkages between ecological and economic systems"⁶².

Fondamentalmente sono tre i nodi concettuali all'origine delle contraddizioni di fondo fra economia ed ecologia e che, pertanto, esponenti dell'una e dell'altra scienza sono chiamati a risolvere, collaborando:

- la questione dei limiti imposti dalla stabilità degli ecosistemi e dalla disponibilità delle risorse;
- la sfida della complessità del mondo biologico, dove tutto è interconnesso, da interpretare a livello interdisciplinare;
- l'inevitabile incertezza sulle risposte degli ecosistemi agli stress imposti dall'uomo, che richiede un atteggiamento di cauta prudenza⁶³.

⁶¹ De Rosnay J. (1977), *Il macroscopio*, p. 9.

⁶² Costanza R. (1989), *What is Ecological Economics?*, p. 1.

⁶³ Costanza R. (1991), *Ecological Economics*; Bresso M. (1997), *cit.*, pp. 56-57; Martinez Alier (1987), *cit.*, pp. 8-9.

CAPITOLO 2. Teoria e Analisi EMergetica

2.1 Il rapporto uomo-natura nella storia della civiltà umana

Comunemente l'“ecologia” è percepita come quella disciplina che individua le misure di salvaguardia della natura. In realtà, osserva Ferlaino (2005)⁶⁴, si tratta di una visione assolutamente riduttiva: già con Haeckel (1866)⁶⁵ l'“ecologia”, il cui termine deriva da *oikos* (casa) e *logos* (discorso), veniva definita “scienza della casa” ossia “dell'economia, del modo di vita, dei rapporti vitali esterni degli organismi”. Pertanto, nonostante la sua recente formazione, si occupa di fenomeni più ampi rispetto all'economia che, come dimostra la sua origine etimologica da *oikos* e *nomos* (regole), analizza le regole per la buona amministrazione domestica.

Fabrizi (1971)⁶⁶ ritiene che l'ecologia sia nata addirittura con la formazione sociale primitiva, da quando cioè la specie umana ha cercato di conoscere le leggi che governano i fenomeni naturali, per adeguarsi ad esse e sopravvivere. Il processo di civilizzazione e di affrancamento dalla natura non avrebbe mai avuto inizio se l'*homo sapiens sapiens*, dai 30 ai 40 mila anni addietro, non avesse appreso l'uso del fuoco e realizzato dei rudimentali attrezzi tramite i quali procurarsi il cibo e costruire le prime abitazioni artificiali (Jelinek, 1988)⁶⁷. Consapevole della sua condizione di estrema vulnerabilità rispetto all'ambiente esterno, egli viveva ai margini della foresta e si accostava prudentemente ad essa per riceverne aria e acqua, ossia per garantirsi i “servizi ecologici” indispensabili alla sua esistenza; faticosamente le “strappava” qualche acro di terreno per coltivarvi tuberi e frutti.

I popoli antichi sembravano possedere una qualche “coscienza ecologica” mista al timore che degli eventi naturali potessero travolgerli. “*Ecologi ante litteram* - prosegue Fabrizio - erano in un certo senso i filosofi naturalisti che nell'antichità studiavano la *physis* e la *rerum natura*, cercando di intravedere un ordine e un'intrinseca razionalità nell'infinito divenire della natura: in chiave ecologica si potrebbero forse rileggere i vari pensatori, da Eraclito a Empedocle, da Democrito a Lucrezio, da Aristotele a Plinio e così via”. Le loro concezioni filosofiche erano interamente permeate dall'idea che in natura “tutto si tiene”.

In epoca pretecnologica – continua Fabrizio - “è la natura che domina l'uomo, anche se a volte sembra piegarsi docilmente ai suoi bisogni e al suo intervento: avremo allora le idilliache e fiduciose pagine che illustrano i frutti che la natura dà all'uomo che la coltiva (...). Da Esiodo ad Arato a Virgilio e agli altri georgici e bucolici, abbiamo un quadro tutto sommato

⁶⁴ Ferlaino F. (2005), *Valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio*, in Ferlaino F. (a cura di), *La sostenibilità ambientale del territorio. Teorie e metodi*, p. 7.

⁶⁵ Haeckel E. (1866), *Generelle Morphologie der organismen*, p. 286.

⁶⁶ Fabrizio L. (1972), *Appunti per una metodologia ecologica*, in Fabrizio L. (a cura di), *La città inquinata*, pp. 11-30.

⁶⁷ Jelinek J. (1988), *La grande enciclopedia illustrata dell'uomo preistorico*, p. 28.

ottimistico dei rapporti tra l'uomo e l'ambiente, ma sempre nella consapevolezza che la natura è "amica" solo se se ne conoscono e osservano gli intrinseci meccanismi che la regolano"⁶⁸. Di essa sono note però anche le forze incontrollabili, nel qual caso "avremo le disperate descrizioni dei cataclismi cosmici che turbano l'equilibrio tra l'uomo e l'ambiente, travolgendo il primo in una serie di catastrofi d'immani proporzioni: si pensi ancora a certe pagine di Lucrezio o all'attonita e angosciata stupefazione che traspare dalle pagine di chi ha lasciato il racconto della distruzione di Pompei"⁶⁹.

Nell'età tecnologica l'umanità ha accantonato questi atteggiamenti di cauta prudenza, si è dotata di più raffinati strumenti "esosomatici" (Lokta, 1925⁷⁰) tramite i quali ha creduto ingenuamente di poter plasmare il mondo esterno a suo piacimento, fino a controllare e, persino, impedire le ricorrenti catastrofi naturali dei secoli precedenti. Tali problematiche sono state tradotte da Georgescu-Roegen (1982) in concetti base della "bio-economia", una nuova branca del sapere scientifico da lui appositamente fondata dal connubio tra biologia ed economia:

"A parte alcune trascurabili eccezioni, tutte le specie, tranne l'uomo, utilizzano solo strumenti endosomatici – come Alfred Lokta ha proposto di chiamarli (cioè zampe, artigli, ali, ecc.) che appartengono all'organismo individuale per nascita. Solo l'uomo è arrivato col tempo a usare la clava, che non faceva parte del suo organismo, ma che estendeva il suo braccio endosomatico aumentandone la potenza. Da quel momento l'evoluzione dell'uomo ha trasceso i limiti biologici per includere anche (e soprattutto) l'evoluzione dei suoi strumenti esosomatici, cioè degli strumenti prodotti dall'uomo stesso e non facenti parte del suo corpo"⁷¹.

Della questione energetica e dei rischi connessi si è già discusso nel capitolo precedente. Soffermandomi adesso sui temi relativi all'inquinamento territoriale, è sufficiente citare le alluvioni e inondazioni avvenute nelle Cinque Terre e a Genova, nello scorso novembre del 2011, per dimostrare la fragilità umana dinnanzi alle forze naturali dirompenti e la sua scarsa lungimiranza quando cementifica ovunque, sulle fasce costiere, sopra i letti dei fiumi o sulle colline franose, e impermeabilizza i suoli, in nome di facili guadagni. Nei giorni successivi i suddetti fatti di cronaca Nebbia ha commentato così l'accaduto:

"Cadono, in questo autunno 2011, sessanta anni dall'alluvione del Polesine, 45 anni dall'alluvione di Firenze, Venezia, Trento. Ne sono passate di alluvioni da allora, fino a quelle di ieri l'altro in Lunigiana e nelle Cinque Terre, di ieri a Genova, di oggi ad Alessandria e nella Valle Padana. (...) Dopo ciascuna delle centinaia di tragedie che hanno colpito l'Italia, unendo in un tragico destino le regioni settentrionali, quelle centrali, quelle meridionali e le isole, gli studiosi hanno scritto migliaia di pagine in cui sono descritte le cause del dissesto idrogeologico e sono stati suggeriti rimedi. Sono stati fatti accurati elenchi delle migliaia di comuni italiani a rischio di eventi franosi e di allagamenti, sono state emanate leggi in genere non rispettate (...) La aspirazione, legittima, al benessere e alla

⁶⁸ Fabbri L. (1972), *cit.*, p. 24.

⁶⁹ *Ibidem*, p. 25.

⁷⁰ Lokta A. J. (1925), *Elements of Physical biology*.

⁷¹ Georgescu-Roegen N. (1982), *cit.*, pp. 58-59.

comodità spinge troppo spesso ad agire, ai fini di profitto e speculazione, contro le leggi della natura e quelle dello Stato. Il mestiere della natura è quello di far circolare aria e acqua sugli oceani e sui continenti, così come il “mestiere” dell’acqua delle piogge e della fusione delle nevi consiste nello scendere dalle montagne e dalle colline al mare lungo le strade di minore resistenza, i torrenti, i fiumi, i fossi, con maggiore o minore velocità a seconda di quello che incontra sul terreno. La natura ha predisposto sul terreno la vegetazione che frena la forza erosiva delle acque; (...) I prodotti dell’erosione si depositano lungo torrenti e fiumi e disegnano le coste sabbiose. La natura ha predisposto intorno a torrenti e fiumi delle zone di espansione delle acque di piena. Purtroppo le valli sono spesso le zone più desiderabili per le costruzioni; i fondovalle sono stati occupati da strade e città, la vegetazione spontanea è stata distrutta e sono state interrotte le vie naturali predisposte dalla natura per assicurare alle acque la loro regolare discesa. Così le acque si muovono veloci e senza freni e si espandono spazzando via qualsiasi ostacolo, dilagano e distruggono e uccidono. (...) Dovrebbe essere cura dello Stato vietare, con piani “regolatori”, cioè adatti a regolare le scelte economiche sulla base delle leggi della natura, la costruzione di opere che intralciano il moto delle acque, assicurare la manutenzione e la cura, direi “affettuosa”, del territorio e delle valli per evitare le frane, per togliere ostacoli lungo fossi, torrenti, fiumi. (...) Forse le opere costeranno di più (...) ma miliardi di euro, ogni anno dissipati per sanare i maledetti “stati di calamità”, potranno essere risparmiati”⁷².

2.2 Ecosistemi e territori

Dalla necessità, ampiamente condivisa, di affrontare il tema in termini olistici, si deduce il ruolo primario delle scienze ecologiche dalle quali acquisire regole e metodi di indagine. Analogamente agli studi sugli ecosistemi, unità funzionali autonome, si devono sviluppare le analisi dei territori (ecosistemi antropizzati) per verificare la sostenibilità degli interventi che in essi hanno luogo (Amata, 1987)⁷³.

Qualsiasi attività di trasformazione, sia naturale che antropica, è regolata dalle due leggi della Termodinamica. Mentre la prima legge stabilisce la conservazione dell’energia, la seconda legge afferma che ogni trasformazione è associata ad una produzione di energia degradata, non più disponibile, ossia ad un incremento dell’entropia⁷⁴.

Nel linguaggio comune si dice che i processi vitali sul nostro pianeta sono sostenuti dal Sole. Per l’esattezza, la Terra è un sistema aperto (ecosfera) che scambia energia solare in entrata ed energia termica (degradata) in uscita, verso lo spazio esterno. L’energia fornita dal Sole ha un duplice compito: innesca la fotosintesi, tramite la quale si produce cibo per gli esseri viventi, e genera calore, dando origine alla circolazione atmosferica che, a sua volta, alimenta i cicli biogeochimici (cicli dell’azoto,

⁷² Nebbia G. (2011), *Sessant’anni di alluvioni*.

⁷³ Amata G. (1987), *Il valore sociale e l’analisi territoriale*, in Amata G., Notarrigo S., *Energia e ambiente. Una ridefinizione della teoria economica*, p. 254.

⁷⁴ Zemansky. M. W., Abbott M. M., Van Ness H. C. (1979), *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, pp. 189-190.

fosforo, zolfo, carbonio, acqua). Dai cicli biogeochimici dipende la conformazione della crosta terrestre e la presenza di minerali che, oltre ad essere essenziali per la conservazione degli ecosistemi, insieme alle fonti energetiche fossili sono alla base dell'industria e dell'agricoltura.

Commentiamo la Fig. 2.1 relativa al bilancio energetico di un ettaro di suolo in Italia, in condizioni di media nuvolosità all'inizio della primavera⁷⁵. Della radiazione solare che raggiunge l'atmosfera (72×10^6 kcal/ha giorno; 100%) una parte viene riflessa verso lo spazio ($Sp = 22 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 31%), un'altra è assorbita dall'atmosfera ($Atm = 13 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 18%) mentre la porzione rimanente arriva al suolo (37×10^6 kcal/ha giorno; 51%), direttamente ($Dir = 19 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 26%) o per diffusione ($Dif = 18 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 25%). La componente che giunge al suolo si suddivide in: energia riflessa all'esterno ($Rifl = 4 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 5%), energia incamerata per azione delle piante (2×10^6 kcal/ha giorno; 3%) ed energia dispersa per emissione termica ($Em = 12 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 17%), per scambio di calore ($Escb = 7 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 10%) e a causa dell'evapotraspirazione ($Ev = 12 \times 10^6$ kcal/ha giorno; 17%).

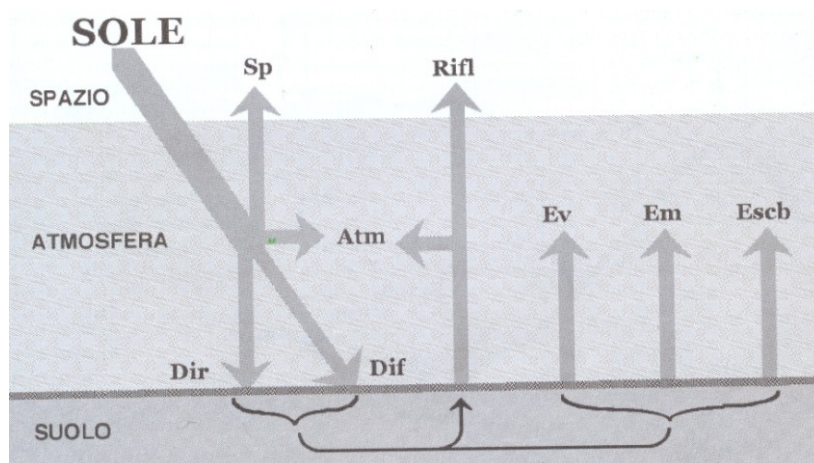


Fig. 2.1 – *Bilancio energetico di un ettaro di suolo in Italia* (“La bonifica e l’assetto territoriale” n. 2, anno XXX, 1976)

L'energia solare riflessa è fortemente influenzata dal tipo di superficie terrestre: a causa dei suoi bassi valori di albedo (5%-10%) il mare è un immenso serbatoio di calore; pertanto svolge una fondamentale funzione termoregolatrice e mitigatrice del clima (Fig. 2.2)⁷⁶.

Quanto alla resa di biomassa delle piante essa dipende dalla latitudine, dalla stagione dell'anno e dalla specie vegetale (Tab. 2.1)⁷⁷.

Le piante (o organismi autotrofi o produttori primari) convertono, mediante il noto processo della fotosintesi, una parte dell'energia solare assorbita in energia potenziale, immagazzinandola sotto forma di sostanza organica (accrescimento di biomassa) ed espellono la quota energetica

⁷⁵ AA.VV. (1976), “La bonifica e l’assetto territoriale”, p. 68.

⁷⁶ Ibidem, p. 69.

⁷⁷ Anderson R. E. (1980), *La conversione biologica dell’energia solare*, p. 59.

rimanente in calore. Il resto del mondo biologico ricava suddetta energia potenziale cibandosi delle piante (erbivori o consumatori di primo ordine) e degli animali (carnivori o consumatori di secondo o di terzo ordine). Per ogni ecosistema, costituito dagli organismi viventi e dall'ambiente fisico (abiotico) col quale interagiscono, è possibile individuare una catena alimentare (o piramide gerarchica) che indica i trasferimenti energetici (o livelli trofici) dai produttori ai consumatori.

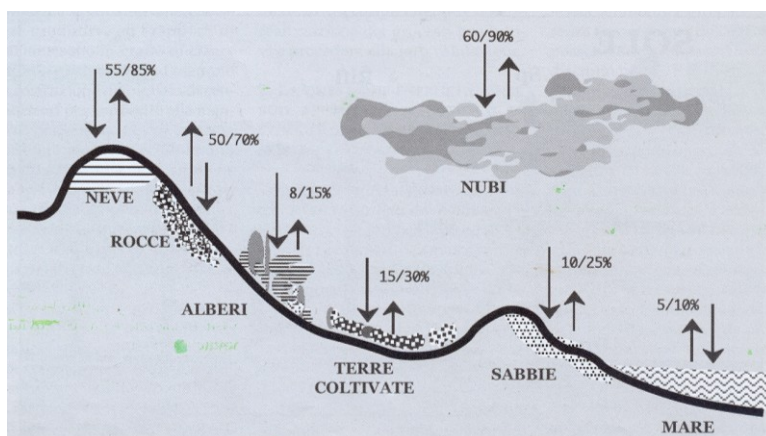


Fig. 2.2 – Percentuali di energia solare riflessa verso l'alto dalla superficie terrestre ("La bonifica e l'assetto territoriale" n. 2, anno XXX, 1976)

Ad ogni passaggio da un livello trofico a quello superiore una parte dell'energia viene dissipata all'esterno, con percentuali di efficienza ecologica (o di Lindeman) piuttosto contenute, mediamente del 10%⁷⁸. Tuttavia mentre la quantità diminuisce, la qualità o concentrazione dell'energia che è trasferita aumenta. Ecologi ed ingegneri ambientali – osservano Odum e Barrett – guardano agli ecosistemi come a virtuosi modelli di riferimento per progettare dispositivi tecnologici a più elevata produttività: le leggi termodinamiche governano infatti i primi quanto i secondi. Si dimenticano, però, che l'entropia (o disordine) rilasciata dai sistemi artificiali durante il loro utilizzo può essere assorbita solo dagli ecosistemi.

Il "principio della massima potenza" energetica è stato riformulato da H. T. Odum⁷⁹ a partire dalle teorie di Lotka sulla selezione naturale (1922)⁸⁰ e di Prigogine sulle strutture dissipative (1982)⁸¹.

Tutti gli esseri viventi sono "strutture dissipative", ossia prelevano energia disponibile dall'ambiente esterno e rilasciano calore. Più un sistema è complesso e maggiore è la quantità di energia che consuma

⁷⁸ L'efficienza di assunzione dell'energia ad un livello trofico t o "efficienza di Lindeman" è il rapporto tra l'energia del livello t , E_t e l'energia del livello precedente E_{t-1} (Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *Fondamenti di Ecologia*, p. 83; 118)

⁷⁹ Odum H. T. (1996), *cit.*, p. 16.

⁸⁰ Lotka A. J. (1922), *Contribution to the energetics of evolution. Natural selection as a physical principle*, pp. 147-155.

⁸¹ Prigogine I., Nicolis G. (1982), *Le strutture dissipative. Auto-organizzazione dei sistemi termodinamici di non-equilibrio*.

| RESE NELLA PRODUZIONE DI BIOMASSA E DI COMBUSTIBILE NETTO PER VARIE EFFICIENZE DI CONVERSIONE E LATITUDINI | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----|------------------|--|-----------------|
| Latitudini | Variazione stagionale (rapporto tra il mese più alto e il mese più basso) | Energia solare incidente (10 ³ GJ/ha anno) ^a | Resa come biomassa (t/ha anno) ^b | | | Resa come combustibile netto per conversioni dell'energia solare del 4% ^d | |
| | | | 1% | 4% | 13% ^c | GJ/ha anno | GJ/persona anno |
| 0° | 1,2 | 87,4 | 43,7 | 175 | 570 | 1250 | 312 |
| | | 63,0 | 31,5 | 126 | 410 | 880 | 220 |
| 10° | 1,5 | 85,0 | 42,5 | 170 | 550 | 1200 | 300 |
| | | 59,4 | 29,7 | 119 | 385 | 830 | 207 |
| 20° | 1,8 | 77,0 | 38,5 | 154 | 500 | 1080 | 270 |
| | | 53,0 | 26,5 | 106 | 345 | 740 | 135 |
| 30° | 2,2 | 74,5 | 37,3 | 149 | 485 | 1040 | 260 |
| | | 44,2 | 22,1 | 88 | 288 | 620 | 130 |
| 40° | 4 | 63,0 | 31,5 | 126 | 410 | 880 | 220 |
| | | 34,0 | 17,0 | 68 | 220 | 380 | 95 |
| 50° | 8,8 | 53,0 | 26,5 | 106 | 345 | 750 | 187 |
| | | 26,0 | 13,0 | 52 | 169 | 360 | 90 |
| 60° | 20-35 | 30,6 | 15,3 | 61 | 198 | 430 | 108 |
| | | 15,3 | 7,7 | 31 | 100 | 210 | 52 |
| 70° | - | 10,2 | 5,1 | 20 | 66 | 140 | 35 |
| | | 5,1 | 2,6 | 10 | 39 | 70 | 18 |

^aPer ogni latitudine viene riportato il valore massimo e il valore minimo. Un gigajoule (GJ) corrisponde a 250.000 kcal. ^bSi presume che la biomassa sia 0,0178 GJ/kg, ma per le alghe 0,023 GJ/kg, 0,016 GJ/kg per lo zucchero, 0,040 GJ/kg per i grassi, 0,024 GJ/kg per le proteine (da Schneider (1973), T.R., in *Energy Conversion*, XIII, 77). ^cEfficienze nella conversione della radiazione solare a livello del suolo. ^dSi ammette che l'efficienza nella resa come combustibile netto, per una conversione dell'energia solare del 4%, sia ridotta all'1,4%.

Tab. 2.1 – Rese di biomassa e di combustibile netto (Anderson R., 1980)

tanto più esso è flessibile, ossia è in grado di cambiare e riadattarsi a nuove circostanze. In presenza di risorse scarse, nelle competizioni naturali prevalgono i sistemi che si auto-organizzano per catturare la massima potenza dell'energia entrante ed estrarne il massimo lavoro utilizzabile (ossia con quantità minime di entropia). Oltre ai flussi energetici e ai cicli della materia, gli ecosistemi sono ricchi di reti di informazioni (chimiche e fisiche) che connettono tutte le parti e governano o regolano il sistema come un tutt'uno: in tal senso si dice che essi sono "cibernetici"⁸².

Tra i meccanismi di controllo che vengono attivati nel rispetto del suddetto principio cito innanzitutto le "azioni di rinforzo" (o *feedback*) positive e/o negative che si stabiliscono tra le componenti interne degli ecosistemi allo scopo di accrescerne l'efficienza e/o mantenere la stabilità. Ad esempio, senza l'attività dei decompositori che degradano i rifiuti organici e i resti di organismi morti, convertendoli in sostanze inorganiche di cui si cibano i produttori, prima o poi si esaurirebbero l'anidride carbonica, il nitrato o il fosfato, indispensabili per la vita⁸³. Nelle città, un analogo ruolo è svolto dai procedimenti di raccolta differenziata finalizzati al riciclo di materiali o dalla messa in esercizio di impianti di cogenerazione per il recupero di calore. In natura gli stessi consumatori stimolano la crescita e il mantenimento delle loro risorse trofiche: la presenza di erbivori pascolanti, per esempio, incrementa la produzione vegetale dei pascoli, purché i branchi siano lasciati liberi di migrare stagionalmente su ampie aree⁸⁴.

Poiché è la risorsa più scarsa o, in generale, la più debole delle esigenze ecologiche a condizionare lo sviluppo degli ecosistemi⁸⁵, questi ultimi compensano tali "fattori limitanti" sviluppando forme di resistenza, resilienza, o attivando simbiosi mutualistiche. Così, negli ambienti naturali con pochi nutrienti, l'aumento della biodiversità sembra aumentare la produttività⁸⁶: è quanto accade nelle barriere coralline o nelle foreste pluviali tropicali le cui crescite sono rese possibili dalle associazioni rispettivamente tra i polipi e le alghe e tra i funghi e le radici.

Inoltre, per favorire l'aumento dei tassi di produzione primaria si aggiungono all'energia solare altri tipi di "energia sussidiaria" provenienti, ad esempio, dal vento e dalla pioggia in una foresta pluviale, dalle maree in un estuario⁸⁷.

È lecito estendere la validità del principio della massima potenza agli ecosistemi antropizzati? Esiste una loro tendenza evolutiva spontanea verso la sostenibilità ecologica?

Originariamente fondati in prossimità di riserve idriche e minerarie, in tempi successivi gli insediamenti umani sono sorti anche in luoghi meno

⁸² Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *cit.*, p. 67.

⁸³ Chapman J., Reiss M. (1994), *Ecologia: principi e applicazioni*, p. 151.

⁸⁴ È quanto avviene, ad esempio, per le antilopi che vivono nelle pianure dell'Africa Orientale (McNaughton S. J. (1976), *Serengeti migratory wildebeest: facilitation of energy flow by grazing*, pp. 92-94).

⁸⁵ Tale concetto va sotto il nome di "Legge di Liebig del minimo" (Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *cit.*, p. 178).

⁸⁶ Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *cit.*, p. 100.

⁸⁷ *Ibidem*, p. 91.

idonei, deprestando risorse di altri territori, principalmente combustibili facilmente trasportabili:

“La storia della civiltà – affermano E. P. Odum e Barrett – è stata sempre strettamente associata con le risorse di energia disponibili. Cacciatori e raccoglitori sono vissuti come parte delle catene alimentari naturali negli ecosistemi alimentati dalla sola energia solare (1.000-10.000 kcal/m²), raggiungendo le loro densità di popolazione più elevate in ecosistemi naturalmente sussidiati nelle aree costiere o sulle rive dei corsi d’acqua (10.000-40.000 kcal/m²). Quando si sviluppò l’agricoltura circa 10.000 anni fa, la capacità portante fu notevolmente aumentata appena gli uomini divennero più abili nel coltivare le piante, nell’addomesticare gli animali e nel sussidiare la produzione primaria commestibile. Per molti secoli, il legno e altra biomassa furono le principali fonti di energia. Le realizzazioni architettoniche e agricole furono realizzate con la potenza muscolare fornita dalla biomassa (lavoro fisico, sia animale che umano). Questo periodo può essere definito era della potenza muscolare (10.000-40.000 kcal/m²). Successivamente venne l’era dei combustibili fossili che hanno fornito un rifornimento così abbondante che la popolazione mondiale è raddoppiata ogni mezzo secolo. Le macchine alimentate a petrolio e elettricità sostituirono gradualmente il lavoro animale e umano nei paesi sviluppati (100.000-3.000.000 kcal/m²)”⁸⁸.

Se il ritmo dell’urbanizzazione in passato era da ritenersi adeguato a quello della campagna circostante, in una continua lotta finalizzata alla coltivazione degli acri ad essa sottratti, la situazione, dagli ultimi due secoli ad oggi, sembra ribaltarsi, con un gioco di forza vincente sulla natura.

Tramite un rapido excursus storico delle formazioni sociali che si sono succedute da quando l’uomo si è dotato di strumenti esosomatici sino ai nostri giorni (comunitaria primitiva, schiavistica, feudale, mercantile e capitalistica), Rizzo (1979) e Amata (1992)⁸⁹ descrivono i mutamenti subiti dal rapporto città/campagna a seconda delle forze produttive (lavoro, materie prime, attrezzi e macchinari) dominanti. “Fino al sorgere del capitalismo – osserva Rizzo – la città è dominata dalla campagna o è in equilibrio con quest’ultima. (...) è l’economia (o la tecnologia) agricola a stabilire i limiti storici e le caratteristiche dello sviluppo urbano. Difatti in questo lungo periodo storico che precede l’avvento della società capitalistica si può ben dire che la città nasce dalla campagna. Successivamente si dovrà constatare che la città uccide la campagna. Ciò potrebbe dimostrarsi attraverso uno studio delle principali città o civiltà antiche⁹⁰”. “La forza economica della città antica – sostiene Amata – si manifesta nella grandezza del territorio circostante che gravita su di essa e la sua forza militare si esprime nelle opere di fortificazioni e nell’approvvigionamento delle risorse anche in periodo di guerra⁹¹”. Perciò la potenza di Roma è stata alimentata dagli ingenti flussi di energia sussidiaria (derrate agricole, materiali da costruzione, fino alla forza-lavoro

⁸⁸ Ibidem, p. 134.

⁸⁹ Rizzo F. (1979), *Linee storiche di espansione urbana ed analisi delle teorie della città*, pp. 52-65; Amata G. (1992), *Velocità di crescita urbana e linee propositive d’integrazione città-campagna*, in Amata G. (a cura di), *Lo sviluppo perverso*, pp. 15-38;

⁹⁰ Amata G. (1992), *cit.*, p. 53.

⁹¹ Ibidem, p. 16.

schiavistica) provenienti da campagne sempre più vaste e colonie sempre più numerose: “Roma era diventata una città altamente parassitaria e lussuriosa, dissipatrice di ricchezza creata da altri, e come tale non poteva conservare nessun tessuto sociale autonomo dall’esistenza dell’impero⁹²”.

Successivamente, assumendo le *villae* come unità di produzione della società feudale, la campagna torna ad essere protagonista, mentre nella società mercantile semplice la città rinasce con lo sviluppo delle botteghe artigianali. In epoca preindustriale “tutta la natura, insomma, anche quella più selvatica, entrava nel ciclo economico della società. Tutta la natura era “casa dell’uomo”, anzi, della comunità” (Salzano, 1998⁹³).

La crescita disordinata della città industriale intorno alle fabbriche, dalla seconda metà dell’Ottocento del secolo scorso, e il fenomeno della commercializzazione dei terreni urbani vengono descritti da Amata in questi passaggi: “la forza lavoro vagante da una campagna che si spopola (...) si riversa attorno alle fabbriche, laddove sorgono i quartieri operai, in cui le condizioni malsane delle abitazioni e dei servizi igienici ne fanno, come a suo tempo puntualmente analizzato da Engels, degli slums ghetto. Ma l’aumento in poco tempo della popolazione urbana ed il diffondersi dei valori di scambio come valori dominanti determinano l’accaparramento delle aree edificabili, ai fini della speculazione edilizia, con vertiginoso aumento del prezzo delle medesime. (...) Il suolo diventa quindi una merce⁹⁴”.

Le sensazioni di disagio che si avvertono percorrendo le vie di questi agglomerati, sono mirabilmente evocate da Dickens quando descrive l’immaginaria *Coketown*, città del carbone, nel suo romanzo *Tempi difficili*:

“Era una città di macchine e di alte ciminiere dalle quali uscivano senza soluzione di continuità interminabili serpenti di fumo che mai riuscivano a svolgersi. Aveva un canale nero, un fiume color porpora per le vernici maleodoranti, e vasti gruppi di edifici pieni di finestre dove tutto il giorno era un continuo battere e tremare, dove gli stantuffi delle macchine a vapore si muovevano in su e in giù, monotoni, come la testa di un elefante in preda ad una pazzia malinconica. (...) Sembrava che tutta la città friggesse nell’olio. C’era dappertutto un soffocante sentore di olio bollente. L’olio faceva brillare le macchine, insudiciava i vestiti degli uomini, strisciava e gocciolava dai molti piani delle fabbriche. (...) Il moto ritmico delle loro ombre sui muri era il sostituto che Coketown poteva mostrare per le ombre dei boschi mormoranti, mentre in luogo del ronzio estivo degli insetti poteva offrire per tutto l’anno, dall’alba del lunedì alla sera del sabato, il sibilo delle ruote e degli ingranaggi⁹⁵”.

L’elevata velocità di crescita delle città moderne e contemporanee è da attribuire fondamentalmente: ai mutamenti subiti dai rapporti e dalle forze di produzione sin dall’epoca della prima rivoluzione industriale che hanno prodotto pure il fenomeno della speculazione al rialzo della rendita fondiaria (Marx, 1867)⁹⁶; in un secondo tempo anche alla motorizzazione

⁹² Ibidem, p. 24.

⁹³ Salzano E. (1998), *Fondamenti di urbanistica. La storia e la norma*, p. 8.

⁹⁴ Amata G. (1992), *cit.*, pp. 33-34.

⁹⁵ Dickens (1854), *Tempi difficili*, trad. it., 1951, pp. 28-29.

⁹⁶ Marx K. (1867), *Il Capitale*, Libro I, trad. it., 1996, pp. 1330-1463.

individuale, che ha consentito la dilatazione a macchia d'olio del perimetro urbano e il determinarsi dello *sprawl* urbano (Camagni et al., 2002)⁹⁷.

In particolare negli ultimi sessant'anni il territorio nazionale è stato sottoposto ad un processo di cementificazione dissennato prima per rispondere all'emergenza ricostruzione poi assecondando l'idea che l'edilizia facesse da traino agli altri settori economici. A tale proposito si esprime così Salzano (1998): "In Italia a differenza che negli altri paesi civili, l'emergenza viene adoperata (o, come vedremo, addirittura inventata) per eludere le regole della pianificazione: della corretta e razionale gestione delle trasformazioni territoriali. Nel dopoguerra, non si ha il coraggio di abbandonare esplicitamente la pianificazione. Allora si inventano i "piani di ricostruzione": uno strumento semplificato, rozzo, privo di basi analitiche, finalizzato a far presto. Qualche macchia di colore su una carta per indicare le zone d'espansione, qualche segno nella città edificata per indicare i nuovi allineamenti. Poco più di questo"⁹⁸. Anche nei successivi decenni – prosegue l'autore - l'edilizia è stata ritenuta la "locomotiva della ricostruzione"⁹⁹ ed, in nome di essa, "la città si è estesa, a macchia d'olio, e ancora più vaste sono proliferate le sue propaggini "rururbane": lo "svillettamento" delle campagne di pianura e dei colli, le lottizzazioni a nastro lungo le coste e le vie di comunicazione. La campagna coltivata si è enormemente ridotta, abbandonando tutti i terreni acclivi e gran parte delle zone interne dello stivale. La pastorizia si è ridotta ad attività marginale e di risulta. Dalle montagne e dalle colline l'insediamento è "franato", la popolazione ha abbandonato i paesini ad alta quota e si è trasferita verso le grandi città, i fondi valle, le coste. Non è stato solo uno spostamento di residenze e una trasformazione della produzione. Non è stato neppure solo un fenomeno quantitativo. Il possente salto di qualità è stato in ciò, che una parte molto ampia del territorio è uscita dall'economia e dalla società. L'extraurbano è diventato *res nullius*, terra di nessuno: luogo d'attesa per l'ingresso, tramite la speculazione fondiaria, nel regno infetto dell'urbano, luogo delle discariche, dell'esportazione "fuori" degli scarti urbani, residuo esso stesso"¹⁰⁰.

Amata (2008) prosegue il ragionamento fino ai nostri giorni osservando che la questione territoriale è tutt'altro che risolta, malgrado i comuni si siano dotati di strumenti urbanistici, quali il Piano regolatore (Legge n. 1150 del 1942) ed i relativi piani particolareggiati oppure, in periodi più recenti, siano stati interessati dai programmi urbani complessi (Legge n. 142 del 1990 sulle autonomie locali), dai programmi integrati di intervento (Legge n. 179 del 1992 e n. 493 del 1993), dai programmi di riqualificazione urbana e per lo sviluppo sostenibile del territorio (Decreto Ministeriale n. 1169 del 1998), dal programma Urban promosso dalla Commissione Europea (n. 2000/C141/04 del 2000) e, di conseguenza, dal programma Urban-Italia (Legge n. 388 del 2000 e dal Decreto Ministeriale n. 1162/III Div del 2003). A livello locale non si è stati in grado di tenere il passo con la "velocità di circolazione del capitale che oggi si manifesta non solo e non tanto nella costruzione di edifici, ville e villette a scopo

⁹⁷ Camagni R., Gibelli M., Rigamonti P. (2002), *I costi collettivi della città dispersa*.

⁹⁸ Salzano E. (1998), *cit.*, p.110.

⁹⁹ *Ibidem*, p. 110.

¹⁰⁰ *Ibidem*, p. 8.

residenziale, piuttosto nell'insediamento di poli finanziari, commerciali ed infrastrutture" senza rispettare alcuna teoria della localizzazione. Gli interventi, sostenuti dall'Unione Europea, mirati a creare piattaforme logistiche territoriali in coerenza con i corridoi transeuropei di trasporto delle merci rischiano di svinire per certi versi la pianificazione territoriale¹⁰¹.

Alla luce delle riflessioni or ora esposte sulle modalità e cause che hanno condizionato lo sviluppo urbano, dalle origini ad oggi, ritorno al quesito sull'estendibilità del principio di massima potenza per gli ecosistemi antropizzati ritenendo, in accordo con Martinez Alier, che "non esiste una tendenza evolutiva spontanea verso la sostenibilità ecologica"¹⁰²: le concentrazioni dei flussi energetici a New York piuttosto che a Calcutta sono una conseguenza del know-how tecnologico e culturale acquisito ma anche delle competizioni sul piano politico-finanziario. "Osserviamo che le città e i loro centri concentrano i flussi energetici. Tali concentrazioni sono una conseguenza, non una causa della crescita delle città, e dipendono dalla ricchezza dei cittadini, dai sistemi di trasporto, ecc. le città non crescono e superano altre città perché dispongono di più energia. Le città crescono in dimensioni e potere politico, e per questo motivo sono in grado di attrarre più energia. Se non possono farlo, non cresceranno"¹⁰³.

Si nutre poi qualche perplessità sulla qualità delle informazioni create dai mercati finanziari: è forse paragonabile al patrimonio conoscitivo contenuto nella biodiversità? Compensa il dispendio di energia? Il giudizio di convenienza economica e ambientale deve comunque tradursi, a mio avviso, nell'individuazione della proposta progettuale che, più delle altre, mira al raggiungimento della massima efficienza energetica in presenza di risorse scarse.

Al crescere della dimensione e della complessità di un ecosistema, il costo energetico di mantenimento tende a crescere proporzionalmente ad un tasso maggiore¹⁰⁴. E. P. Odum e Barrett sostengono che, normalmente, un raddoppiamento nelle dimensioni richiede una quantità di energia più che doppia per pompar fuori dal sistema l'entropia associata al mantenimento di una complessità strutturale e funzionale più elevata¹⁰⁵. La massima dimensione teorica o capacità portante di un ecosistema, definita come il massimo di popolazione che l'ambiente fisico può sostenere, è raggiunta quando tutta l'energia disponibile bilancia i costi energetici di mantenimento¹⁰⁶.

Secondo Ferlaino (2005) il concetto di *carrying capacity* risale addirittura a Platone che, nel libro V delle sue "Leggi", lo applica alla polis greca:

"La massa complessiva dei cittadini non si può delimitare adeguatamente se non in rapporto alle condizioni geografiche e a quelle politiche della zona circostante; il territorio ha una estensione sufficiente

¹⁰¹ Amata G. (2008), *La "città" e la "campagna" come metafore del nostro tempo*, in Amata G. (a cura di), *Spazio urbano e spazio rurale*, pp.15-16.

¹⁰² Martinez Alier J. (2009), *Ecologia dei poveri*, pp. 236-237.

¹⁰³ Ibidem, p. 236.

¹⁰⁴ Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *cit.*, p. 126.

¹⁰⁵ Ibidem, p. 126.

¹⁰⁶ Ibidem, p. 127.

quando è in grado di alimentare un certo numero di cittadini entro i limiti di un medio tenore di vita¹⁰⁷. La città ideale avrebbe dovuto ospitare 5.000 abitanti circa per divenire “abbastanza grande per difendersi, abbastanza piccola per essere in equilibrio. Superato questo numero la polis avrebbe dovuto generare altre comunità, fondare nuove colonie e “divenire perciò *metropolis*, città originaria¹⁰⁸”.

L’idea di una capacità portante per la Terra è presente anche nelle teorie di Malthus. Nel 1798 il pastore anglicano denuncia il rischio che la produzione di mezzi di sussistenza, in crescita secondo una progressione geometrica, possa un giorno diventare insufficiente a sfamare la popolazione umana il cui aumento è, a suo dire, più rapido, perché segue una progressione geometrica. Da ciò egli profetizza conseguenze nefaste come epidemie e collassi epocali. Amata (2007) ci riferisce della serrata contestazione di Marx alle idee conservatrici malthusiane: uno dei passaggi più noti è l’affermazione secondo cui è la sovrappopolazione dei lavoratori (*esercito industriale di riserva*) piuttosto che quella assoluta a far tendere verso il basso le retribuzioni della classe operaia¹⁰⁹.

Il limite massimo insediativo di un territorio è strettamente dipendente dal capitale naturale di cui esso è dotato. Suddetto capitale scaturisce dall’incessante attività “produttiva” della Natura; pertanto è costituito dalla biomassa, dalle sostanze organiche contenute nel suolo, dall’acqua nonché dal deposito di combustibili fossili e minerali, di più lenta formazione. Ma capitale naturale sono anche i servizi e i vantaggi ecologici quali la depurazione dell’acqua e dell’aria con processi spontanei, la decomposizione dei rifiuti, la conservazione della biodiversità, l’impollinazione dei raccolti e la disponibilità di usufruire delle risorse naturali e delle attività ricreative (Daily 1997)¹¹⁰. Pertanto – osserva Rifkin (1982) – l’esistenza stessa degli ambienti antropizzati dipende dalla loro abilità di “raccolgere l’energia disponibile dall’ambiente circostante, di immagazzinarla e di usarla per l’esistenza della città stessa. (...) Esaminando le città dell’era antecedente allo sfruttamento dei combustibili fossili, possiamo classificare le zone urbane sulla base della loro fonte energetica come “città della segale, città del riso, città del frumento e città del mais. (...) Per poter rimanere vitali, le città più grandi hanno bisogno di quantità enormi di energia. (...) Esplosione urbana significa più elevati flussi di energia e aumento di disordine”¹¹¹.

Tuttavia Martinez-Alier (2009) ci mette in guardia dalla tentazione di calare acriticamente il concetto di capacità di carico che è stato sviluppato dalle discipline ecologiche alla società umana: il problema della determinazione del massimo numero di rane che può vivere in un lago senza intaccare la propria base di risorse non può banalmente essere riproposto per gli uomini. Le grandi differenze tra i popoli nell’uso esosomatico di energia e materiali fanno sorgere le seguenti problematiche: “prima domanda: popolazione massima a quale consumo? Secondo, le tecnologie umane cambiano rapidamente. (...) Terzo, il

¹⁰⁷ Ferlaino F. (2005), *cit.*, p. 8.

¹⁰⁸ *Ibidem*, p. 9.

¹⁰⁹ Amata G. (2007), *cit.*, pp. 110-113.

¹¹⁰ Daily G. C. (1997), *Nature’s service: societal dependence on natural ecosystems*.

¹¹¹ Rifkin J. (1982), *Entropia*, pp. 166-173.

commercio internazionale (simile al trasporto orizzontale in ecologia, ma coscientemente regolato e incrementato) può innalzare la capacità di carico quando in un territorio manca un bene che abbonda in un altro¹¹². Conseguentemente - affermano Wackernagel e Rees - “il carico umano va misurato non solo in funzione della popolazione ma anche dei consumi pro capite, che stanno aumentando a un ritmo più veloce della popolazione stessa, proprio a causa dei commerci e della tecnologia. (...) Nei paesi industrializzati questo stile di vita è incoraggiato dalla cultura del consumismo ed è limitato solo dal potere d’acquisto dei vari soggetti. Naturalmente, se si guarda al fenomeno globalmente, coesistono livelli di consumo individuale assai diversi: il bracciante agricolo indiano può rappresentare il punto più basso della scala; lo staff dirigente di una compagnia transnazionale il punto più alto”¹¹³. Per superare queste critiche i due autori hanno invertito i termini della questione formulando il concetto di impronta ecologica già introdotto nello scorso capitolo.

Nell’ambito disciplinare dell’Estimo si è sviluppato, dai primi anni Sessanta dello scorso secolo, il tema della dimensione demografica ottimale delle città in corrispondenza ai minimi costi monetari insediativi da affrontare per soddisfare i fabbisogni della collettività di abitazioni, infrastrutture, e attrezzature.

Il processo di crescita urbana è iniziato con la ricostruzione post bellica, è proseguito negli anni a venire tramite una massiccia costruzione di alloggi per rispondere all’emergenza casa ma, ad un certo punto, si è dovuto porre il problema di fornire ai quartieri adeguate opere di urbanizzazione. Una nutrita serie di leggi e circolari ministeriali nazionali sono state quindi emanate allo scopo di classificare e quantificare suddette opere (Legge n. 167 del 1962; Circolare del Ministero dei LL.PP. n. 4555 del 1963; Legge n. 847 del 1964; Legge n. 765 del 1967; Circolare del Ministero dei LL.PP. n. 3210 del 1967; Decreto Ministeriale n. 1444 del 1968) e determinare i criteri di calcolo delle indennità espropriative dei suoli sui quali realizzarle (Legge n. 865 del 1971; Legge n. 10 del 1977; art. 5 bis della Legge n. 359 del 1992; Testo Unico del D.P.R. n. 327 del 2001 e successive modifiche).

Numerosi studi scientifici hanno contribuito ad approntare un’adeguata metodologia valutativa dei costi insediativi cosicché gli enti pubblici preposti al governo del territorio, a carico dei quali ricadono in parte tali spese, potessero predisporre una corretta programmazione degli interventi da attuare nel breve-medio periodo e adeguare le scelte di assetto territoriale alle risorse finanziarie disponibili. Tra questi i saggi di: Secchi (1964), *Primi risultati di alcune ricerche sui costi di insediamento nelle aree metropolitane italiane*; C. Forte (1971), *I costi di urbanizzazione*; Fusco Girard (1974), *L’evoluzione della logica estimativa*; Stanghellini (1990), *I costi di riurbanizzazione*.

Secchi B. (1964)¹¹⁴, commentando i risultati di un filone di indagine da lui diretto, mette in evidenza l’influenza sui costi di alcune variabili quali il numero di abitanti e l’organizzazione spaziale delle città, ma osserva

¹¹² Martinez Alier J. (2009), *cit.*, p. 76.

¹¹³ Wackernagel M., Rees W. (1996), *cit.*, pp. 83-87.

¹¹⁴ Secchi B. (1964), *Primi risultati di alcune ricerche sui costi di insediamento nelle aree metropolitane italiane*, p. 20.

preliminarmente la necessità di procedere ad un'analisi dei costi e dei benefici nella quale includere quelli di tipo sociale (Lichfield N., Margolis J., 1965)¹¹⁵.

C. Forte cita gli utopisti Owen e Fourier tra i precursori di questo tipo di analisi: essi riportano, nei loro scritti, un elenco accurato delle spese necessarie a erigere le comunità di New Harmony (Fig. 2.3) e della Falange¹¹⁶.

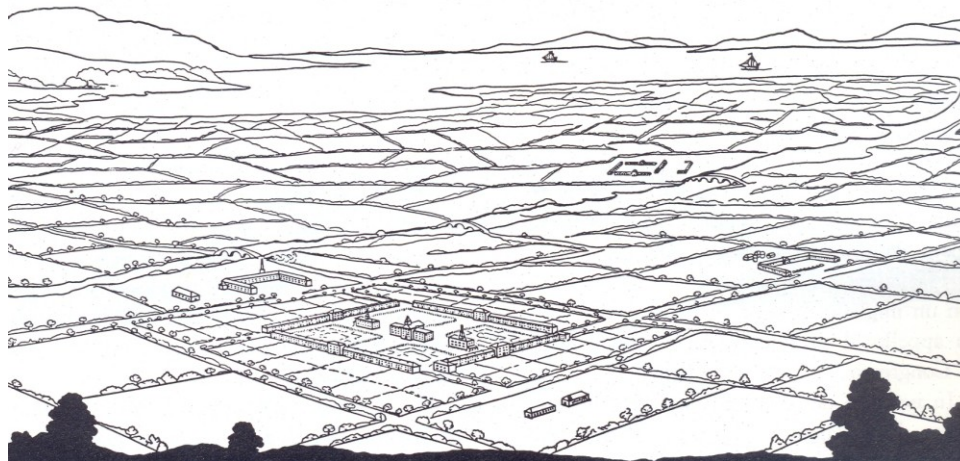


Fig. 2.3 – Un villaggio d'armonia secondo Owen (Benevolo L., 1968)

L'autore, dopo aver classificato le opere urbanizzative, ricorre al procedimento sintetico per stimarne i valori di costo, individuando, tra i principali fattori che li determinano: la quantità di opere costruite per ogni abitante con la loro corrispondente qualificazione, a sua volta dipendente da subparametri sociali, demografici ed economici quali la dimensione e la densità demografica; il reddito procapite; l'epoca nella quale è stata

¹¹⁵ Lichfield N., Margolis J. (1965), *L'analisi dei costi e benefici come strumento decisionale per l'amministrazione urbana*, in Secchi B. (a cura di), *Analisi delle strutture territoriali*, pp. 348-399.

¹¹⁶ Owen (1820) descrive così la sua cellula abitativa ideale: "Il disegno mostra, in primo piano, uno di questi insediamenti con i suoi annessi e una congrua quantità di terreno, e sullo sfondo altri villaggi dello stesso tipo. Ogni villaggio comprende un quadrato di edifici, sufficiente a ospitare 1200 persone, e circondato da un terreno di 1.000 – 1.500 acri. Dentro il quadrato sono collocati gli edifici pubblici, che lo dividono in settori". Egli pubblica inoltre il preventivo relativo al costo totale di realizzazione di questa comunità: sarebbe ammontato a 96.000 sterline (anno 1820, Contea di Lanark), ripartito tra 36.000 sterline per acquistare il terreno, 30.000 sterline per realizzare le opere urbanizzative e 30.000 sterline per costruire gli alloggi.

Fourier (1841) illustra in tal modo il suo piano: "Per un'associazione di 1.500 – 1.600 persone occorre un terreno di una lega quadrata (...), il luogo dovrà esser provvisto di un bel corso d'acqua, percorso da colline e adatto a colture variate, addossato a una foresta e poco lontano da una grande città, ma abbastanza per evitare gli importuni". Un falansterio di 1.620 persone si realizzerebbe con 4.000.000 franchi circa (1841, Parigi), senza considerare il costo delle aree (Forte C. (1971), *I costi di urbanizzazione*, p. 9; Benevolo L. (1968), *Le origini dell'urbanistica moderna*, pp. 61-79; pp.82-92).

effettuata la costruzione; la morfologia insediativa; il costo di acquisizione delle aree.

Stanghellini rivisita i passaggi più significativi della produzione teorico-interpretativa sui costi insediativi correlandoli strettamente all'evoluzione delle problematiche della politica urbanistica italiana. Inoltre, pone l'accento sulle opere primarie da effettuare negli interventi di riqualificazione di agglomerati abitativi esistenti, esplicitando tra le variabili che ne influenzano i costi: la densità e la morfologia insediativa, il costo unitario parametrizzato all'unità di superficie pavimentata.

Le indagini di C. Forte e Stanghellini saranno più volte richiamate nel quinto capitolo di questa tesi nel quale verrà illustrata, come secondo caso-studio, l'Analisi EMergetica di due quartieri tipici catanesi. In particolare, prendendo spunto dalle funzioni obiettivo dei costi predisposte dai due studiosi, dedurrò le principali grandezze che hanno condizionato i miei risultati.

Fusco Girard (1974) riporta gli esiti di alcune ricerche su questa tematica ma ne amplia la visione includendo tra i fattori deterrenti il sovradimensionamento delle città alcuni costi sociali non direttamente monetarizzabili:

“Agli inizi degli anni '60 in Italia l'ILES ha individuato in base all'analisi delle variazioni dei costi insediativi una serie di dimensioni demografiche ottimali, cioè tali da minimizzare gli stessi, in corrispondenza di 50.000, 100.000, 250.000 abitanti. In Francia, il Derycke ipotizza una dimensione demografica ottimale compresa tra i 200.000 ed i 300.000 abitanti. Anche il Mossè, in seguito ad una indagine relativa a 19 aree metropolitane francesi, conclude ipotizzando l'esistenza di una soglia dimensionale oscillante tra i 200.000 ed i 250.000 abitanti. (...) È comunque, possibile riscontrare statisticamente che, oltre il limite di 200.000-300.000 abitanti, il ruolo economico di una città e la sua importanza sembra dipendere molto poco dalla quantità di popolazione; anzi, oltre tale soglia, i vantaggi del grande agglomerato tendono man mano, al contrario dei costi, a diminuire, a causa della congestione, dell'inflazione, dello scadimento della qualità ambientale del disadattamento e via di seguito. (...) I costi di frizione, dovuti alle interferenze ed alle resistenze spaziali, hanno ridotto oggi le economie esterne urbane in diseconomie, colpendo sia la collettività che le singole imprese¹¹⁷”.

In un articolo del 1972 C. Forte rimarca, in particolare, gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sui valori immobiliari delle zone urbane “nere”, cioè direttamente colpite, e suggerisce che, in tal caso, la stima dei danni su ogni singola unità immobiliare sia effettuata considerando l'aspetto economico del più probabile valore complementare: opera quindi la differenza tra il valore di mercato del fabbricato ipotizzando l'assenza di danni per inquinamento e l'effettivo valore di mercato del fabbricato nella sua attuale realtà fisica e produttiva. L'inquinamento atmosferico – egli precisa - “determina il degrado delle caratteristiche posizionali, stando alla disidoneità dell'intero ambito urbano inquinato; provoca nel contempo la diminuzione delle caratteristiche ambientali, non essendo apprezzati in zone inquinate eventuali requisiti di panoramicità, di

¹¹⁷ Fusco Girard (1974), *L'evoluzione della logica estimativa*, pp. 110-111.

orientamento o di prospicenza. Agisce inoltre negativamente sulle caratteristiche tecnologiche, deteriorando gli elementi costruttivi e rendendo inutile ogni intervento di riqualificazione. Diminuisce infine le caratteristiche di produttività dell'unità immobiliare, non verificandosi sovente domanda di uso di abitazioni comprese in "zone nere", allorquando gli effetti inquinanti superano soglie di intollerabilità. Gli effetti dannosi su agglomerati prossimi a localizzazioni industriali (...) possono ridurre il valore di mercato delle unità immobiliari che ne subiscono il danno sino al 70-80% del valore ipotizzato in assenza di fenomeni inquinanti"¹¹⁸.

La dispersione residenziale – afferma Gibelli (2002) – ha determinato un aumento esponenziale della mobilità su quattro ruote. Ciò ha comportato: l'affollamento delle infrastrutture stradali con conseguente incremento dei costi di manutenzione, dell'inquinamento atmosferico ed acustico, del numero degli incidenti stradali, delle risorse energetiche non rinnovabili consumate; fenomeni di disagio ed emarginazione sociale, servizi a rete più onerosi; limitazioni nelle opportunità di istruzione, di lavoro e ricreative per tutti quei soggetti che non dispongono di automobile privata¹¹⁹. Secondo uno studio condotto da due ricercatori australiani (Newman e Kenworthy, 1989), il consumo di benzina pro capite e la densità demografica sono legati da una relazione iperbolica (Fig. 2. 4)¹²⁰.

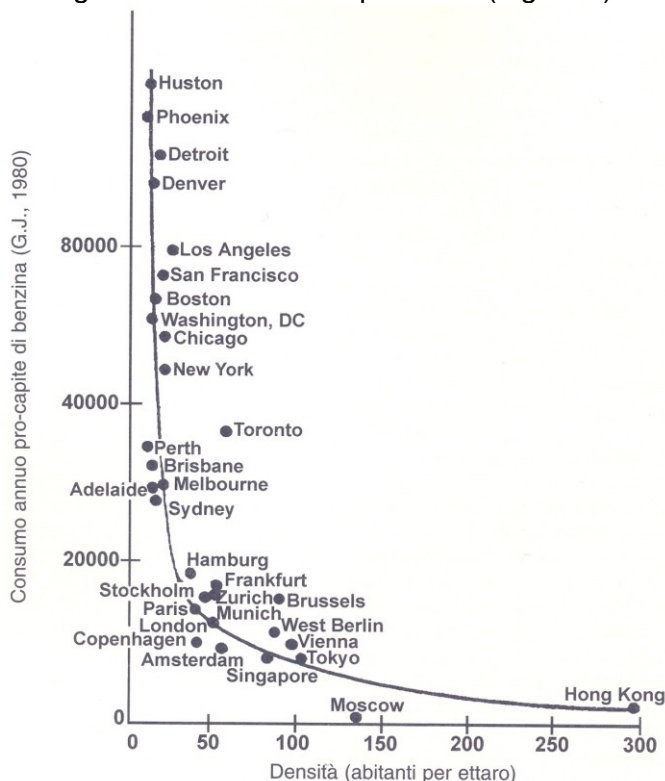


Fig. 2.4 – Consumo di benzina pro capite in relazione alla densità demografica (Gibelli, 2002)

¹¹⁸ Forte C. (1972), *Ecologia ed economia urbana*, in Fabbri L. (a cura di), *cit.*, pp. 61-63.

¹¹⁹ Gibelli M. C. (2002), *La dispersione urbana: approcci interpretativi e normativi in ambito internazionale*, in Camagni R., Gibelli M., Rigamonti P., *cit.*, pp. 15-76.

¹²⁰ Newman P., Kenworthy J. (1989), *Cities and automobile dependence: an international sourcebook*.

“Tenendo fermo il numero di persone, lo *sprawl* è la forma più costosa di sviluppo residenziale in termini di costi pubblici, costi ambientali, consumo di risorse naturali e molti tipi di costi individuali” (Rerc, 1974)¹²¹. È stato dimostrato che forme urbane più compatte e pianificate fanno risparmiare dal 20 al 44% di risorse territoriali, dal 15% al 25% di finanziamenti per strade locali e dal 7 al 15% di finanziamenti per reti idriche e fognarie (Burchell et al., 1992)¹²². Infine Gibelli evidenzia il ruolo cruciale rivestito dalla pianificazione integrata di area vasta: i comuni dovranno cooperare per costruire un progetto condiviso fondato anche sulla *mixité* e sulla ricostruzione della città su se stessa (cioè sull'intensificazione edilizia nelle aree dismesse e obsolescenti dei tessuti urbani consolidati) piuttosto che sul consumo di risorse territoriali preziose¹²³.

Le principali fasi che hanno contraddistinto il processo dell'esplosione urbana dal suo esordio sino allo stato odierno sono state sapientemente enunciate da Indovina (2011):

- *urbanizzazione della campagna*: che costituisce la prima fase durante la quale nella “campagna” vanno a localizzarsi le prime strutture (abitazioni, imprese, ecc.) che non hanno attinenza con l'attività agricola;
- *urbanizzazione diffusa*: che costituisce un ampliamento quantitativo della fase precedente, ma non una modifica di senso; la campagna resta ancora il luogo dell'agricoltura e gli insediamenti non legati all'agricoltura, ancorché numerosi, appaiono ancora come una sorta di anomalia;
- *città diffusa*: in questo caso si colloca un passaggio di senso. Non solo quantitativamente gli insediamenti non agricoli diventano sempre più estesi, ma si localizzano nel territorio extra-urbano servizi di qualità urbana (centri commerciali, ipermercati, attrezzature per lo sport e il tempo libero, multisale cinematografiche, centri di divertimento, ecc.) (...);
- *metropoli territoriale*: si è di fronte ad un ulteriore passaggio. Nei territori della città diffusa, le città di maggior dimensione hanno continuato a conservare al loro interno i centri di governo (in senso ampio) e i centri di eccellenza. In questa situazione la città diffusa è ancora caratterizzata da gerarchie territoriali anche se attenuate. Nella fase successiva questi centri di governo (politici, amministrativi, finanziari, dell'informazione, ecc.) e i poli di eccellenza (della ricerca, della sanità, ecc.) abbandonano le città più grandi e si vanno a localizzare in centri di minore dimensione o ne sorgono di nuovi scegliendo localizzazioni che non sono quelle canoniche delle città maggiori. Questo fenomeno innalza complessivamente la qualità di questo territorio facendogli assumere il ruolo di una metropoli, sia dal

¹²¹ RERC/Real Estate Research Corporation (1974), *The costs of sprawl: Environmental and economic costs of alternative residential development patterns at the urban fringe*.

¹²² Burchell R. W. et al. (1992), *Impact assessment of the New Jersey interim state development and redevelopment plan, Report II: research findings*.

¹²³ Gibelli M. C. (2002), *cit.*, p. 74.

punto di vista della popolazione che è molto più numerosa, sia dal punto di vista delle attrezzature e dotazioni¹²⁴”.

Lo studioso giunge sostanzialmente alle stesse conclusioni di Gibelli, ribadendo la necessità di una unitaria struttura di governo del territorio che si prefigga il raggiungimento di:

- a) un uso razionale, parsimonioso ed equo dello spazio nell’articolazione delle funzioni urbane;
- b) un’adeguata infrastrutturazione delle aree insediate a garanzia della massima mobilità per consentire alle persone di fruire dei servizi¹²⁵.

La questione entropica va, perciò, affrontata formulando dei giudizi di convenienza economica ed energetica di piani e progetti sulla base del loro valore sociale e considerando il territorio coinvolto come unità di produzione¹²⁶.

Nelle formazioni sociali della storia della civiltà umana si sono sviluppate tre forme di valore delle merci: il *valore d’uso*, il *valore di scambio* e il *valore sociale* (Amata, 1980)¹²⁷. La produzione esasperata di valori di scambio allo scopo di massimizzare i profitti ha portato la società capitalistica ad intaccare il patrimonio naturale, accumulatosi in milioni di anni. Adesso il genere umano si trova di fronte ad un bivio: proseguire in modo cieco e dissennato nello sperpero delle risorse non rinnovabili, con potenziali, disastrose conseguenze sul pianeta o esercitare la superiorità intellettuale di cui è dotato in confronto agli altri esseri viventi per tutelare la “rete della vita” (Capra, 1997)¹²⁸? Optare per la seconda alternativa significherà prediligere l’attuazione di opere che soddisfano bisogni collettivi, quindi ad elevato valore sociale e bassa entropia, quali, ad esempio, i trasporti pubblici, le riserve naturali o gli spazi ricreativi.

2.3 Cenni storici sul concetto di eMergia

Dagli anni Cinquanta del secolo scorso diversi scienziati si sono cimentati nell’elaborazione di una contabilità energetica delle merci e servizi. Martinez-Alier (1991b) ha dedicato alcuni capitoli della sua opera, *Economia ecologica*, all’evoluzione storica di questa branca dell’economia applicata nell’ambito dell’uso dell’energia¹²⁹. In realtà le prime indagini pionieristiche si fanno risalire alla seconda metà dell’Ottocento con Podolinskij ed hanno riguardato in particolare il calcolo dei rendimenti energetici in agricoltura. In alcuni suoi articoli pubblicati tra il 1880 e il

¹²⁴ Indovina F. (2011), *Dispersione dell’urbanizzazione nel territorio: visioni e sfide*, in Martinico F. (a cura di), *Ricerca, didattica e prassi urbanistica nelle città del Mediterraneo*, pp. 118-119.

¹²⁵ Ibidem, p. 127.

¹²⁶ Amata G. (2007), *cit.*, p. 115.

¹²⁷ Amata G. (1980), *Il valore sociale*.

¹²⁸ Capra F. (1997), *La rete della vita*.

¹²⁹ Martinez-Alier J. (1991b), *cit.*, pp. 24-29.

1883¹³⁰, egli si è sforzato di combinare l'approccio energetico con la teoria marxiana del valore di cui ha assunto le principali categorie di studio. Più recenti sono gli studi di Howard T. Odum che, nel 1967, in un report per il President's Science Advisory Committee, ha confrontato i sistemi di conduzione agricola tradizionali con quelli intensivi¹³¹. Egli ha dimostrato che i notevoli incrementi di produzione delle colture agricole rispetto al passato sono mantenuti da una sostanziale entrata nella coltivazione di energia subsidiaria contenuta nei combustibili fossili, fertilizzanti, diserbanti, ecc. impiegati. Ad esempio, negli Stati Uniti l'input di energia subsidiaria è cresciuto da circa 1 a circa 10 calorie per caloria di prodotto raccolto tra il 1900 e il 1980. H. T. Odum scrive infatti che: "in realtà l'energia per alimenti come patate o carne o altri prodotti vegetali dell'agricoltura intensiva viene più dai combustibili fossili che dal sole. Il nostro cibo è in parte petrolio"¹³². Anche altri autori denunciano il divario sempre più marcato tra la produttività economica crescente del settore agricolo dei paesi tecnologicamente più avanzati e quella energetica in costante calo (Gorz, 1978); Tomarchio e Triolo, 1981); Amata, 1982)¹³³. Per la regione siciliana Amata ha determinato rapporti output su input energetici pari a 2,62 nel 1950, 1,37 nel 1970, 1,16 nel 1979¹³⁴, discendenti verso l'unità a conferma che gli agro-ecosistemi dissipano sempre più energia.

Intorno alla metà degli anni Settanta, proseguendo nel tentativo di approntare una metodologia di calcolo energetico delle attività di trasformazione che avvengono spontaneamente in natura o guidati dall'azione umana, H. T. Odum approda alla conclusione che non è corretto confrontare tipi eterogenei di energia poiché possiedono differenti capacità di essere convertiti in lavoro utile: "un'unità (joule) di energia solare, un joule di carbone e un joule di energia elettrica, anche se rappresentano la stessa quantità di energia, hanno diversa qualità"¹³⁵, ossia per ricavare un joule di energia elettrica occorrono più joule di combustibile (e impianti) e assai più joule di energia solare che è una fonte più diluita. Gli scambi energetici che sostengono i processi vitali sul nostro pianeta possono disporsi lungo una piramide gerarchica con alla base l'energia solare e al vertice i flussi informativi connessi alle nuove tecnologie.

Egli suggerisce, quindi, di riferirli ad un'unica unità di misura, il joule dell'energia solare, che è alla base di ogni attività ecosistemica (1977)¹³⁶. Inizialmente lo scienziato ricorre all'espressione "energia incorporata" per evidenziare i diversi livelli qualitativi delle forme energetiche; nel 1983 la

¹³⁰ Podolinsky S. (1880-3), *Le socialisme et l'unité des forces physiques*, 1880; *Il socialismo e l'unità delle forze fisiche*, 1881; *Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft*, 1883.

¹³¹ Odum H. T. (1967), *Energetics of world food production*, in President's Science Advisory Committee report, *Problems of world food supply*, pp. 55-94.

¹³² Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *cit.*, p. 91.

¹³³ Gorz A. (1978), *Ecologia e politica*, pp. 124-125; Tomarchio L., Triolo L. (1981), *Le richieste di energia in agricoltura*; Amata G. (1982), *Per la stima dei danni all'ambiente*, in Amata G. (a cura di), *Il calcolo economico del territorio*.

¹³⁴ Amata G. (1982), *cit.*, p. 44.

¹³⁵ Tiezzi E., Marchettini N. (1999), *cit.*, p. 87. Questi concetti vengono espressi in Odum H. T. (2007), *Environmental, power and society*, e in Odum H. T. (1973). *Energy, ecology and economics*.

¹³⁶ Odum, H.T. (1977), *Energy analysis, energy quality and environment*, in Gilliland M.W., *Energy Analysis: A New Public Policy Tool*, pp. 55-87.

sostituisce definitivamente con il termine “eMergia”, come crasi di “Energy memory”, dietro suggerimento di Scienceman¹³⁷.

Da allora la teoria eMergetica è costantemente maturata grazie all’apporto scientifico di una nutrita schiera di studiosi di eterogenea formazione e all’attività divulgativa e/o didattica compiuta dal Centre for Environmental Policy dell’Università di Gainesville in Florida, creato e diretto da H. T. Odum fino al 2002, anno della sua scomparsa, e, in seguito, dal suo collaboratore M. T. Brown.

A livello nazionale, nell’ambito di Agenda 21 Locale, indagini dirette da E. Tiezzi del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi dell’Università di Siena hanno determinato, mediante l’Analisi EMergetica, il carico ambientale su diverse province italiane del Centro-Nord, tra le quali Bologna, Rimini, Siena, Cagliari e Pescara¹³⁸.

Una spiegazione completa e una revisione di molti articoli e testi sulla teoria e pratica eMergetica è contenuta, in particolare, nei seguenti tre libri: *Environmental Accounting* (Odum H. T., 1996); *A prosperous way down. Principles and policies* (Odum H. T., Odum E. C., 2001); la nuova edizione di *Environment, power and Society for the Twenty-First Century* (Odum H. T., 2007).

2.4 La teoria eMergetica: definizioni e principi

L’“eMergia solare” che da ora in poi chiamerò più sinteticamente eMergia, rappresenta l’energia solare che ha alimentato la catena di operazioni compiute dalla natura e dagli uomini per creare una determinata merce o servizio, quindi incorporata nei processi economici e, prima ancora, naturali. Riporto, di seguito, la definizione introdotta da H. T. Odum: “EMergy, a measure of real wealth, is the work previously required to generate a product or service. For over a century theorists have sought ways of relating resource limitations to economic-environmental systems, often using energy as a common metric. These had limited success because different kinds of available energy are not equivalent. Transformity, the eMergy per unit energy, identifies the scale of energy phenomena”¹³⁹.

Essa non è una grandezza termodinamica conservativa perché ha memoria delle fasi seguite in uno specifico contesto fisico e in un determinato intervallo di tempo. La sua unità di misura è il joule di eMergia solare (solar eMergy joule o sej). Per tradurre un tipo di energia in quella solare si utilizza un fattore di conversione, la “solar transformity”, o semplicemente transformity (Tr). Questa è, per un bene *i*-esimo, l’eMergia necessaria per realizzarlo (B_i) per il suo contenuto energetico o in massa (E_i):

$$Tr_i = B_i / E_i$$

¹³⁷ Scienceman D. (1987), *Energy and eMergy*, in Pillet G., Murota T. (a cura di), *Environmental economics: The Analysis of a Major Interface*, pp. 257-276.

¹³⁸ Si citano in bibliografia i riferimenti dettagliati.

¹³⁹ Odum H. T. (1996), *cit.*, p. vii.

Pertanto la sua unità di misura è il sej/J o in sej/g.

Così, ad esempio – ci spiega Bastianoni (2010) - per ricavare l'eMergia di un chilogrammo di greggio, dobbiamo misurare tutta l'energia solare che è caduta sul terreno interessato dal processo, tutta l'energia incamerata dalle piante, tutta l'energia che ha contribuito a comprimere e fossilizzare la biomassa vegetale, fino a comprendere l'energia necessaria per la sua estrazione e trasporto nel luogo di utilizzo. Se vogliamo considerare anche i derivati del petrolio, come per esempio la benzina, ai processi appena descritti dobbiamo aggiungere anche l'energia spesa nella raffinazione¹⁴⁰.

Un altro esempio: se per produrre in un anno $7,8 \times 10^{10}$ J di legname in un ettaro di foresta di abeti rossi in Svezia occorrono 30.000×10^{10} sej/anno, la transformity del legname è pari a 3.846 sej/J ($30.000 \times 10^{10} / 7,8 \times 10^{10}$ sej/J)¹⁴¹. Il quesito può essere illustrato adoperando i simboli e le regole di rappresentazione grafica (Figg. 2.5 e 2.6) e di calcolo dell'“algebra eMergetica” appositamente elaborata da H. T. Odum rifacendosi ai linguaggi originari di discipline scientifiche consolidate quali l'ecologia e la teoria organizzativa dei sistemi (Lokta, 1922; von Bertalanffy, 1968; Odum H. T. ed E. C., 1983¹⁴²): il simbolo di produttore della foresta è stato circoscritto da un rettangolo più ampio, al fine di delimitare visivamente il sistema locale dall'ambiente esterno ed individuare i flussi di energia entranti ed uscenti. La transformity è stata facilmente ricavata dal rapporto tra l'input, cioè le sorgenti esterne di energia (sole, pioggia, vento e calore geotermico), rappresentate da un cerchio, e l'output, costituito dall'energia contenuta nel legname prodotto in un anno.

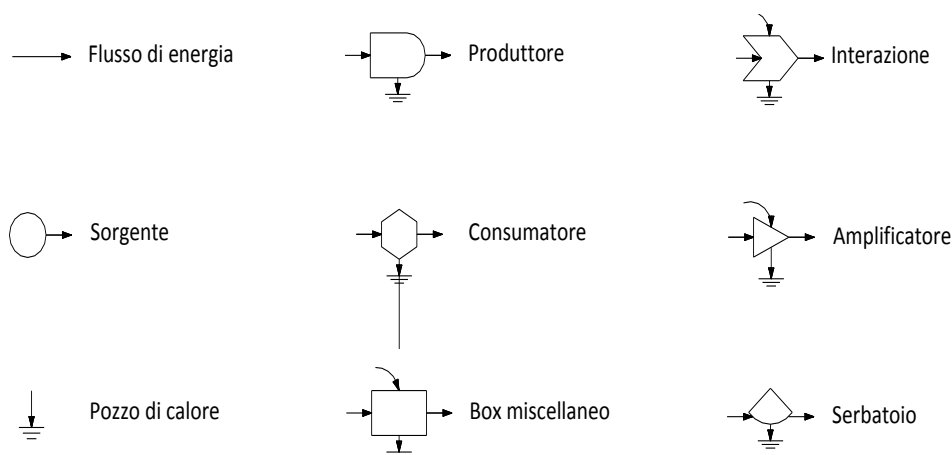


Fig. 2.5 – Principali simboli del linguaggio eMergetico

¹⁴⁰ Bastianoni S. (2010), *L'analisi eMergetica per il territorio*, in Ferlaino F. (a cura di), *Strumenti per la valutazione ambientale della città e del territorio*, p. 161.

¹⁴¹ Odum H. T. (1996), *cit.*, p. 8.

¹⁴² Lokta A. J., *cit.*; Von Bertalanffy L. (1971), *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni*; Odum, H. T., and Odum E. C. (1983), *Energy Analysis Overview of Nations Working Paper*.

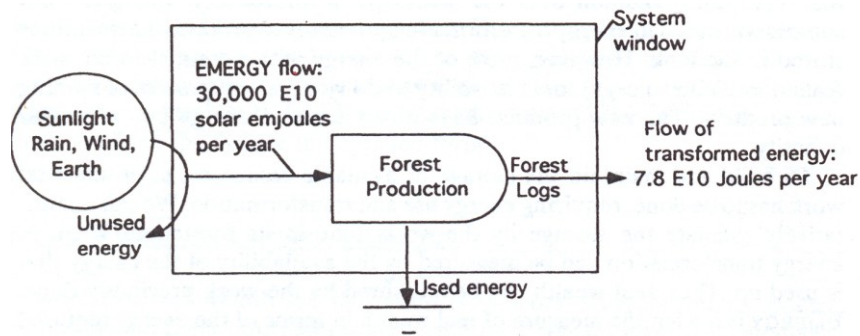


Fig. 2.6 – *Calcolo della transformity del legname di abete rosso* (Odum H. T., 1996) (con la notazione E10 si intende 10^{10})

Qualora il bene k-esimo sia scaturito dalla combinazione di più fattori produttivi, a loro volta generati da precedenti processi di trasformazione, l'energia impiegata per ottenerlo (B_k) sarebbe pari alla sommatoria dei prodotti tra il contenuto energetico o in massa di ciascun fattore i-esimo (E_i) e la rispettiva transformity (Tr_i):

$$B_k = \sum_{i=1}^n E_i \times Tr_i$$

mentre la sua transformity (Tr_k) si ottiene semplicemente dividendo B_k per il suo contenuto energetico (E_k) (Fig. 2.7):

$$Tr_k = \frac{B_k}{E_k} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times Tr_i}{E_k}$$

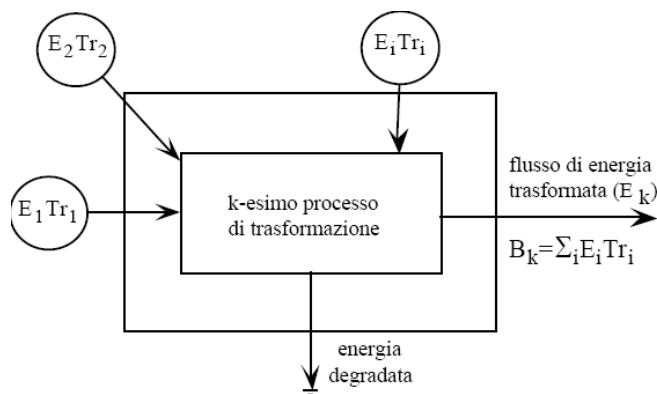


Fig. 2.7 – *Calcolo della transformity del bene k-esimo* (Tiezzi et al., 2002)

La figura 2.8 e la tabella 2.2 illustrano rispettivamente il diagramma eMergetico e il calcolo relativo al processo produttivo di 510 tonnellate di cereali¹⁴³.

Nelle prime tre colonne della tabella ho riportato tutti gli input con le rispettive unità di misura. La quarta colonna è quella delle transformity, calcolate in sej/J o in sej/g a seconda dell'unità di misura utilizzata per ciascun fattore impiegato; esse sono già note e provengono da studi effettuati in precedenza da altri ricercatori. Nell'ultima colonna sono riportati i valori eMergetici di ogni input ottenuti come prodotti dei valori delle due colonne precedenti. L'eMergia del prodotto finale è ricavata sommando tutti gli input indipendenti del sistema.

Siccome l'energia solare diretta, il vento e la pioggia fanno parte dello stesso processo naturale che dal Sole ha origine, H. T. Odum ha suggerito di considerare il contributo eMergetico più elevato tra i tre fattori e di tralasciare gli altri due: in questo esempio si considera solo la pioggia che fornisce un apporto maggiore.

Le transformity relative all'energia solare, al calore geotermico e all'energia delle maree sono ottenute da un'equazione di bilancio eMergetico annuale terrestre: in questa applicazione è stato considerato il budget globale annuale stimato pari a $9,44 \times 10^{24}$ sej¹⁴⁴ nel 1996. Dalla suddivisione tra l'eMergia totale usata e la quantità di cereali raccolta, si estrae la transformity dei cereali pari a $1,54 \times 10^9$ sej/g.

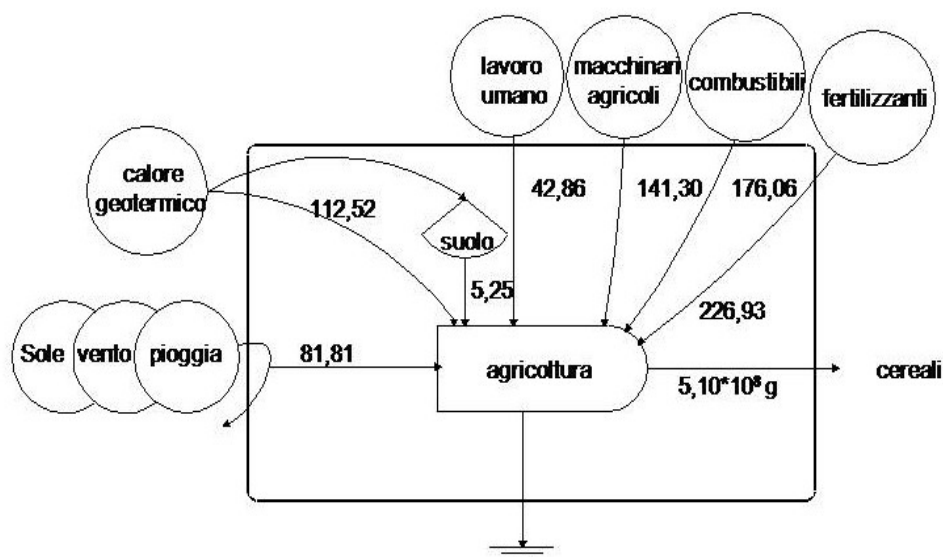


Fig. 2.8 – Diagramma eMergetico della produzione di cereali (Tiezzi et al., 1999)

¹⁴³ Il calcolo seguente è stato da me rielaborato a partire da un esempio applicativo di Tiezzi E., Marchettini N. (1999), *cit.*, p. 101;

¹⁴⁴ Odum H. T. (2000), *Handbook of eMergy evaluation. Folio #2. EMergy of global processes.*

| INPUT | Unità di misura | Unità/anno | Transformity (sej/unità) | EMergia (10 ¹⁵ sej/anno) |
|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Energia solare | J | 6,41x10 ¹⁵ | 1 | 6,41 |
| Pioggia | g | 9,10x10 ¹¹ | 8,99x10 ⁴ | 81,81 |
| Vento | J | 8,82x10 ¹⁰ | 1,50x10 ³ | 0,13 |
| Calore geotermico | J | 4,41x10 ¹² | 2,55x10 ⁴ | 112,52 |
| Erosione del suolo | J | 7,12x10 ¹⁰ | 7,38x10 ⁴ | 5,25 |
| Fertilizzanti | g | 4,64x10 ⁷ | 4,89x10 ⁹ | 226,93 |
| Combustibili | J | 2,67x10 ¹² | 6,60x10 ⁴ | 176,06 |
| Macchinari agricoli | g | 2,11x10 ⁷ | 6,70x10 ⁹ | 141,3 |
| Lavoro umano | J | 5,81x10 ⁹ | 7,38x10 ⁶ | 42,86 |
| PRODOTTI | | | | |
| Cereali | g | 5,10x10 ⁸ | 1,54x10 ⁹ | 786,74 |

Tab 2.2 – *Analisi EMergetica della produzione di cereali* (Tiezzi et al., 1999)

La transformity è una misura dell'efficienza (o sostenibilità) e della qualità dei sistemi: a parità di risultato essa è inferiore nel sistema meno dissipativo. Questa fondamentale caratteristica delle transformity ci consente di formulare dei giudizi di convenienza energetica tra diverse alternative e deriva dalla circostanza, già evidenziata, che l'eMergia non è una funzione di stato, cioè non dipende solo dalle condizioni iniziali e finali di un processo di trasformazione ma anche dal percorso seguito. È il caso della generazione dell'energia elettrica in Italia: secondo un rapporto del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI) del 2001 dalla comparazione delle differenti tecnologie si è dedotta la migliore prestazione dei biocombustibili (4,27x10⁴ sej/J), immediatamente seguita dall'eolico (5,46x10⁴ sej/J), rispetto alle centrali termoelettriche (1,59x10⁵ sej/J) e ai pannelli fotovoltaici (3,82x10⁵ sej/J) (Tab. 2.3)¹⁴⁵.

| Tecniche di produzione dell'energia elettrica | Unità di misura (sej/J) |
|---|-------------------------|
| Fotovoltaica | 3,82x10 ⁵ |
| Termoelettrica | 1,59x10 ⁵ |
| Idroelettrica | 1,02x10 ⁵ |
| Eolica | 5,46x10 ⁴ |
| Da biomassa | 4,27x10 ⁴ |

Tab 2.3 – *Transformity delle tecniche di produzione dell'energia elettrica* (Bagnati et al., 2001)

¹⁴⁵ Bagnati T., Caruso C., Catenacci G., Cavicchioli C., Riva M., Sala F. (2001), *Rapporto CESI. L'analisi "eMergetica" del sistema elettrico italiano.*

Tra output diversi possiede, in generale, un livello gerarchico superiore quello con la transformity maggiore, avendo richiesto, per la sua formazione, capitali naturali e tempi più elevati. In Fig. 2.9 è rappresentata la scala gerarchica dei flussi energetici e delle transformity associati ai principali processi di produzione naturali ed artificiali di merci e servizi.

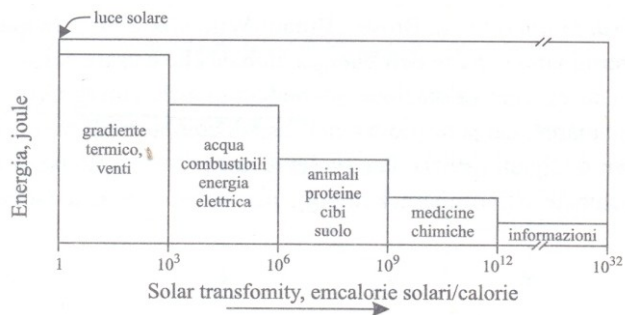


Fig. 2.9 – Transformity crescenti di merci e servizi tipici (Odum H. T., 2005)

In Fig. 2.10 si riporta il diagramma dei trasferimenti energetici in un ecosistema considerandolo prima nella sua interezza in relazione al suo contesto territoriale, quindi scomponendolo per popolazione lungo la piramide energetica: procedendo verso il vertice, la potenza si riduce ma cresce la transformity, così come diminuisce il numero di organismi di ogni popolazione ma aumenta il loro grado di complessità.

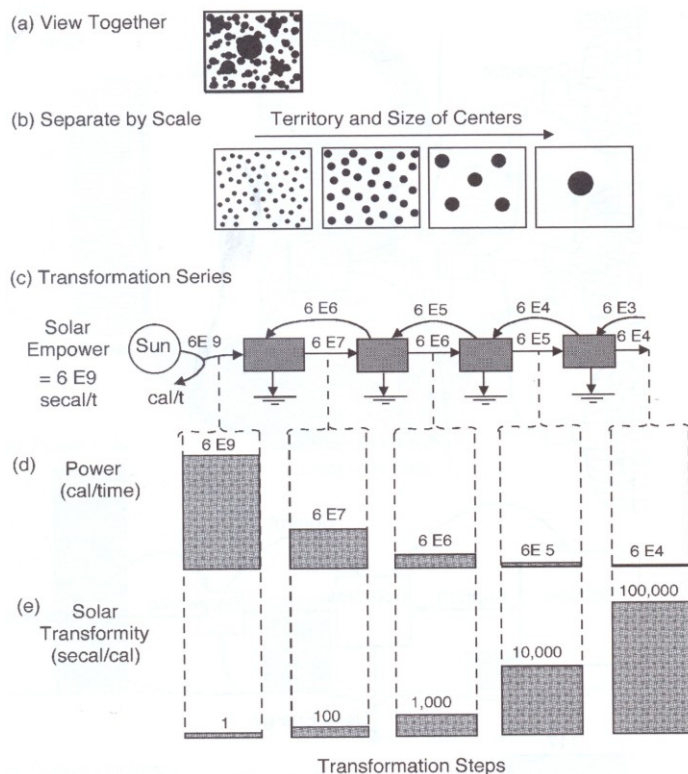


Fig. 2.10 – Trasferimenti energetici in un ecosistema (Odum H. T., 2007)

La figura 2.11 rappresenta le transformity crescenti negli strati funzionali di un tipico territorio urbanizzato occidentale.

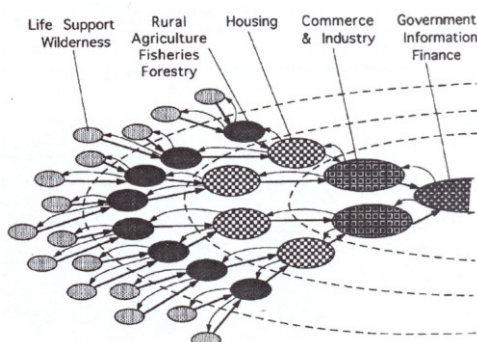


Fig. 2.11 – *Transformity crescenti nel tipico territorio urbanizzato occidentale* (Odum H. T. et al., 2001)

Quesiti caratteristici della pianificazione territoriale ed urbanistica, quali l'individuazione delle direttrici di espansione urbana e della razionale allocazione spaziale delle funzioni urbane potrebbero essere tradotti nella ricerca della configurazione emergenticamente più efficiente nel rispetto delle gerarchie di trasformazione, così come procede la natura.

Come ci ricorda Stanghellini (1999) le tradizionali "tecniche di valutazione da impiegare per definire i limiti inderogabili alla trasformabilità del territorio hanno lontane radici nella teoria dei limiti dello sviluppo urbano, comunemente nota come teoria delle soglie"¹⁴⁶. Suddetta teoria è stata inizialmente adoperata nel piano di ricostruzione postbellica di Varsavia e divulgata in Occidente nella prima metà degli anni Sessanta (Malisz, 1964)¹⁴⁷. Ai fini dell'individuazione delle zone di nuova urbanizzazione che rendono minimo il costo di insediamento per abitante, l'approccio seguito è squisitamente pratico, consiste nell'elaborazione di una carta dell'uso del suolo sulla quale vengono segnate le aree a valenza naturale da preservare e il livello delle soglie o ostacoli fisici, tradotti in costi monetari, da superare per rendere i terreni edificabili. Sono inclusi anche i costi di realizzazione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria. Inoltre una programmazione delle fasi di sviluppo della città, in adeguamento al tasso di crescita demografica, consente di ridurre il più possibile i tempi di congelamento degli investimenti. C. Forte, già nei primi anni Settanta, sottolinea però la necessità di risolvere la questione anche in chiave ecologica e propone l'introduzione di limiti alla concentrazione spaziale delle attività particolarmente inquinanti determinati in funzione dei costi da affrontare per riparare i danni ambientali conseguenti¹⁴⁸:

"L'approccio ecologico deve necessariamente imporre alla pianificazione territoriale ed urbanistica ed alla stessa analisi economica del territorio differenti obiettivi e, quindi, differenti mezzi per perseguirli.

¹⁴⁶ Stanghellini S. (1999), *Riforma urbanistica e domanda di valutazione*, in Lombardi P., Micelli E., *Le misure del piano*, p. 33.

¹⁴⁷ Malisz B. (1964), *L'analisi delle possibilità di sviluppo urbano*, pp. 8-15.

¹⁴⁸ Forte C. (1972), *cit.*, pp. 65-66.

Nella definizione dei rapporti ottimali di dimensione e densità demografica che, attraverso la “teoria della soglia”, consentono di minimizzare i costi insediativi ed, in particolare, delle opere di urbanizzazione, dovrà considerarsi anche la “soglia” di concentrazione spaziale delle attività alla quale corrisponde il superamento del grado di inquinamento tollerabile. Per ogni “pattern” di attività dovrà determinarsi il danno marginale relativo, generato dai rifiuti e, genericamente, dall’inquinamento, definendo la distribuzione spaziale delle attività anche in rapporto al costo necessario a ridurre il danno provocato dagli effetti inquinanti”¹⁴⁹.

Dalla verifica ecologica delle scelte della pianificazione – prosegue lo studioso - conseguirà la necessaria tendenza al ribaltamento delle localizzazioni industriali al di fuori dei territori urbani e l’accentuazione della funzione prevalentemente terziaria delle grandi città. Inoltre, poiché “a livello di pianificazione urbanistica, l’apporto dell’ecologia evidenzierà l’incremento delle utilità marginali delle opere urbanizzative puntuali, ed in particolare del verde, all’aumentare del grado di inquinamento” occorrerà valutare volta per volta le quantità di aree da destinare a suddette opere “superando la rigidità degli standards che la legislazione vigente indirettamente impone”¹⁵⁰. Infatti – conclude C. Forte – “gli stessi obiettivi produttivistici, sovente prioritari nella pianificazione, devono essere verificati considerando che i fini di un razionale assetto del territorio non si identificano soltanto nell’incremento del “flusso” dei redditi ma anche nella contemporanea preservazione del “fondo” dei capitali, tra i quali in primo luogo quelli costituiti dalle risorse naturali”¹⁵¹.

Come ho più volte segnalato, le analisi economiche consolidate trascurano generalmente gli input che non si possono esprimere rispettivamente in termini monetari, oppure ricorrono a mercati simulati più o meno attendibili per attribuire loro un valore. Con l’Analisi EMergetica siamo, invece, in grado di valutare pienamente tutti i fattori impiegati in base al loro contenuto eMergetico, includendo sia il lavoro eseguito dalla natura che quello umano. Le transformity ed altri indicatori che illustrerò nel paragrafo seguente ci consentono, quindi, di valutare esaustivamente sia la sostenibilità di un singolo progetto che di attuare, tra diverse alternative, quella che massimizza la produzione e l’utilizzo di eMergia in conformità al già noto principio della massima potenza.

Secondo le regole eMergetiche, gli strati funzionali nel territorio dovrebbero succedersi secondo un grado di antropizzazione e transformity crescenti. È un tema che S. Huang (Dept. Of Urban and Regional Planning, University of Taipei, Taiwan) ha approfondito, applicandolo alla città di Taipei per analizzarne la crescita impetuosa degli ultimi anni¹⁵². In particolare, egli ritiene che questi strati operano al meglio se la loro disposizione consente lo sviluppo di interazioni eMergetiche le cui transformity non differiscono più di un ordine di grandezza¹⁵³. Se si applicasse questa originale “teoria delle localizzazioni” si consentirebbe ai sistemi auto-organizzativi, sia naturali che umani, di attivare azioni

¹⁴⁹ Ibidem, p.65.

¹⁵⁰ Ibidem, p. 66.

¹⁵¹ Ibidem, p. 69.

¹⁵² Si riportano in bibliografia i riferimenti di alcune delle sue pubblicazioni più note.

¹⁵³ Odum H. T. (1996), *cit.*, p. 171.

retroattive in modo da accumulare e ripristinare gli eventuali fattori limitanti¹⁵⁴.

Ad esempio, l'agricoltura porterebbe i suoi raccolti in città la quale, a sua volta, rimanderebbe nutrienti riciclati e manufatti. L'ingresso di feedback acquistati al mercato, provenienti da altri territori, accelerano indubbiamente la produzione ma con minore autonomia ed efficienza: infatti, secondo le regole dell'algebra eMergetica, ai fini del calcolo dell'eMergia totale utilizzata, i flussi relativi alle differenti sorgenti vengono sommati, mentre, nell'ipotetico impiego di retroazioni stimulate dalle stesse sorgenti, si considera solo il loro apporto iniziale, evitandone quindi il doppio conteggio. In tal guisa, l'aumento delle transformity si verificherà solo nel primo caso.

Per supportare le fasi operative di riconoscimento delle attività a più elevato contenuto eMergetico e la decisione di dislocarle sul territorio, dalle periferie verso il centro urbano, in proporzione ai valori crescenti, H. T. Odum (1996) propone l'elaborazione di mappe territoriali delle densità eMergetiche per unità di superficie:

"By representing the energy transformation hierarchy, energy systems diagrams also represent the spatial concentration of eMergy flows. Because of their spatial convergence (moving left to right), the eMergy flows per area in Fig. 2.12 are more concentrated in the hierarchical centers.

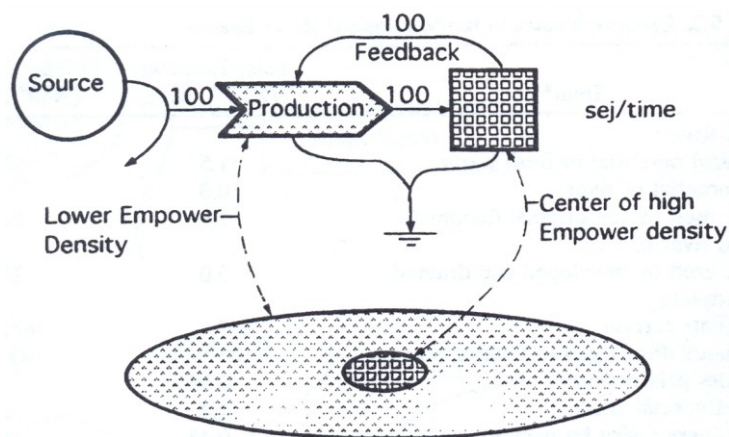


Fig. 2.12 – Densità eMergetiche crescenti lungo la gerarchia energetica (Odum H. T., 1996)

We define the following measures:

- *Areal empower density* = eMergy flow per area per time.
- *Areal emergy storage density* = eMergy storage per area

Maps of areal empower density show where important transformations are centered and where real value should be protected.

¹⁵⁴ Ibidem, pp. 165-166.

Cities of this century are points where purchased eMergy of fuels, goods, and services enters the economy with a very high emergy flow. The areal empower density of these cities is higher than that of the agrarian-based cities. Lowest values are found in rural countries, highest values in developed cities. Higher-transformity systems turn over slowly, storing more eMergy per area. For example, cathedrals and capitols accumulate eMergy over long periods. Many of the structures in centers are higher-eMergy symbols shared in knowledge by all the people of the larger landscape. [...] Plans for a landscape must make hierarchical sense. For example, international, financial, and control functions are compatible at city centers, whereas farms, forests and environmentally surrounded housing developments are compatible away from the centers. Sometimes infrastructure development is done without regard to the whole system, so that the eMergy disrupted is as great as the emergy to be attracted by the construction”¹⁵⁵.

La vasta letteratura scientifica sinora pubblicata sulla teoria e pratica eMergetica si è occupata generalmente dell’approfondimento di taluni aspetti squisitamente teorici o di arricchire la “biblioteca” delle transformity concernenti i trasferimenti energetici negli ecosistemi naturali e antropizzati o i processi produttivi di singole merci o servizi, confrontando talvolta tecniche realizzative differenti.

Tra le indagini sui costi eMergetici di singoli beni cito, ad esempio, i casi-studio della manifattura di: ceramica a Sassuolo (Bastianoni et al., 2001), petrolio e metano (Bastianoni et al., 2005), cemento e calcestruzzo (Pulselli R. M., et al., 2008), miele e zucchero (Simoncini et al., 2009)¹⁵⁶. Sono state effettuate valutazioni eMergetiche, ad esempio, nel comparto agricolo-alimentare sui differenti metodi di produzione dei vini piemontesi (Marchettini et al., 2003) e di coltivazione delle arance rosse in Sicilia (La Rosa et al., 2008).

Nel settore dei servizi urbani sono stati condotti studi su: i sistemi di generazione di energia elettrica in Italia (Bagnati et al., 2001); la captazione, accumulazione e distribuzione idrica nella Valle del Samoggia (Bo) (Tiezzi et al., 2001); le diverse modalità di trasporto terrestre di merci e persone in Italia (Federici et al., 2008); sulla raccolta e smaltimento rifiuti (Marchettini et al., 2007).

Nell’allegato A ho riportato le fonti bibliografiche delle transformity adoperate nei due casi-studio della tesi.

L’intento di H. T. Odum di “riscoprire” e rielaborare le teorie degli economisti classici in chiave termodinamica, alla ricerca di un comune denominatore in grado di determinare il valore delle merci, è palese: in particolare l’analogia con la trattazione marxiana del valore-lavoro viene da lui stesso riconosciuta, sebbene in questa le risorse naturali, pur entrando nei processi produttivi come macchine e materie prime, vengano conteggiate solo in termini di lavoro umano “morto”, ossia impiegato per fabbricare le prime o estrarre le seconde¹⁵⁷. Lo scienziato americano fa un passo avanti, prendendo in considerazione, l’energia solare, di cui i cicli biologici si alimentano, l’energia libera “che proviene dalle viscere della

¹⁵⁵ Ibidem, pp. 173-174.

¹⁵⁶ Si riportano in bibliografia i riferimenti dettagliati.

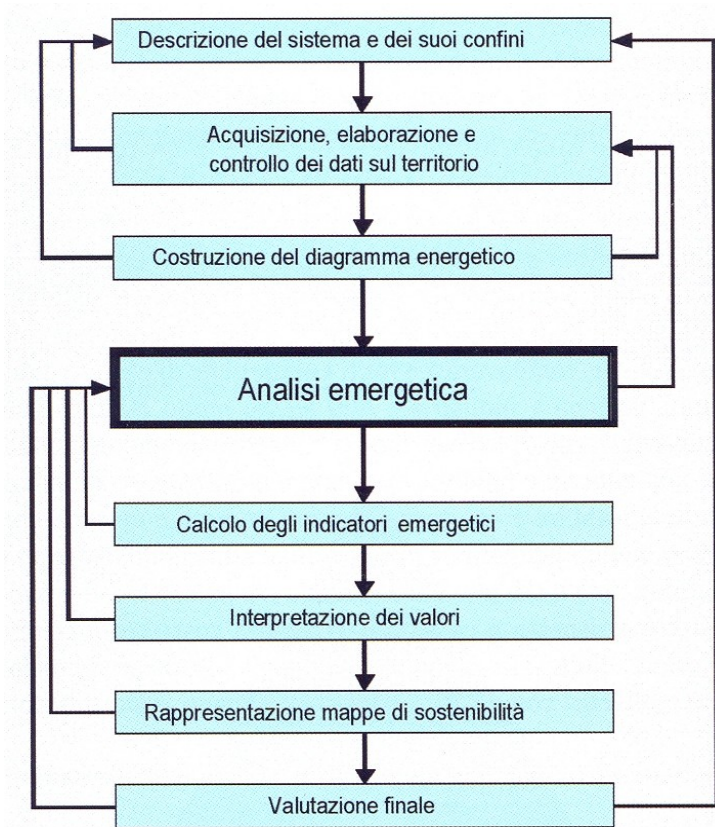
¹⁵⁷ Marx K. (1867), *Il capitale, libro I*.

Terra”, e conteggiando i minerali in termini di energia necessaria alla loro formazione oltre che all'estrazione e alla forgiatura in manufatti¹⁵⁸, affermando che i residui materici possono teoricamente essere riportati alla concentrazione iniziale in presenza di energia sufficiente ad innescare l'accumulazione.

2.5 Introduzione alla valutazione eMergetica territoriale

L'Analisi EMergetica valuta la sostenibilità ambientale di un territorio, in un determinato periodo temporale, generalmente un anno; si attua computando i quantitativi eMergetici consumati ed interpretando i risultati tramite l'ausilio di appositi indicatori. Si articola sostanzialmente in cinque fasi (Fig. 2.13).

La fase iniziale consiste nella individuazione del “territorio come unità di produzione” (Amata, 1982)¹⁵⁹ i cui confini non coincidono necessariamente con quelli amministrativi ma sono definiti, sulla base dei processi fisico-chimici, biologici ed economico-sociali, dalla univocità geologica, pedologica o dalla finalizzazione del progetto.



¹⁵⁸ Georgescu-Roegen N. (1982), *cit.*, p. 59.

¹⁵⁹ Amata G. (a cura di) (1982), *cit.*

Fig. 2.13 – Diagramma a blocchi che individua le principali fasi di realizzazione di una valutazione eMergetica territoriale (Tiezzi E. et al., 2007)

Successivamente, si predispose un sistema statistico informativo degli aspetti fisici e socio-economici nell'intervallo temporale stabilito mediante i quali è possibile quantificare le risorse utilizzate con le rispettive unità di misura. Nella tabella 2.4 ho riportato le principali categorie di dati con le relative fonti informative adoperate nel primo caso-studio di questa tesi, l'Analisi EMergetica della provincia di Catania per l'anno 2006.

| Voci | | Fonti |
|---|--|---|
| Popolazione residente | | Istat (2006) |
| Radiazione solare media incidente | | APAT (2007), <i>Gli indicatori del clima in Italia nel 2006. Anno II</i> |
| Precipitazione media annuale | | UIR (Ufficio Idrografico Regione) |
| Velocità del vento | | ENAV (Ente Nazionale di Assistenza al volo), Osservatorio di Catania - Fontanarossa, anni 1961-1990 |
| Superficie territoriale | | AA.VV. (2009), <i>Atlante geografico</i> , De Agostini |
| Superficie piattaforma continentale | | |
| Lunghezza costa | | |
| Flusso energetico medio delle onde | | APAT (2004), <i>Progetto atlante costiero</i> |
| Altezza media maree | | |
| Flusso medio di calore nel vulcano Etna e nella rimanente sup. territoriale | | Minett S. T., Scott S. C. (1985), <i>Theoretical considerations of heat flux on Mount Etna</i> |
| Uso del suolo | SAU | Assessorato regionale Agricoltura e Foreste (2006), Ispettorato agricolo e forestale di Catania |
| | Erosione del suolo | Assessorato regionale Agricoltura e Foreste (2007), <i>Programma di sviluppo rurale. Sicilia 2007-2013</i> |
| Risorse minerarie e quantità estratte | | Distretto Minerario di Catania, Corpo regionale miniere (2006) |
| Consumi idrici annui per uso civile | | Martini P. (2000), <i>Il piano del sistema di approvvigionamento idrico di Catania</i> |
| Riserve energetiche | Produzione e consumo energia idroelettrica ed eolica | Provincia regionale di Catania (2007), <i>Piano energetico</i> , Catania. |
| | Consumo energia elettrica importata | |
| | Consumo combustibili petroliferi importati | |
| Importazioni ed esportazioni | Agricoltura e Silvicoltura | Istat (2006), <i>Commercio estero</i> ; Istat (2002-2005), <i>Trasporti su strada</i> ; Camera di commercio |
| | Allevamenti zootecnici e Pesca | |
| | Estrazione di minerali | |
| | Industrie manifatturiere | |
| Numero addetti per attività economica | | Istat (2001), <i>Censimento Industria e Servizi</i> |
| Numero di capi censiti negli allevamenti zootecnici | | Istat (2000), <i>Censimento Agricoltura</i> |
| PIL pro capite | | UnionCamere (2006) |

Tab 2.4 – *Principali categorie di dati e relative fonti informative adoperate per quantificare le risorse nell'Analisi EMergetica della provincia di Catania (anno 2006)*

A tale proposito suddette risorse si distinguono in rinnovabili e non, a seconda se i tempi di formazione sono inferiori o meno a quelli di consumo, intaccando, nell'ultimo caso, il capitale naturale. Più specificatamente si classificano nelle seguenti categorie (Fig. 2.14):

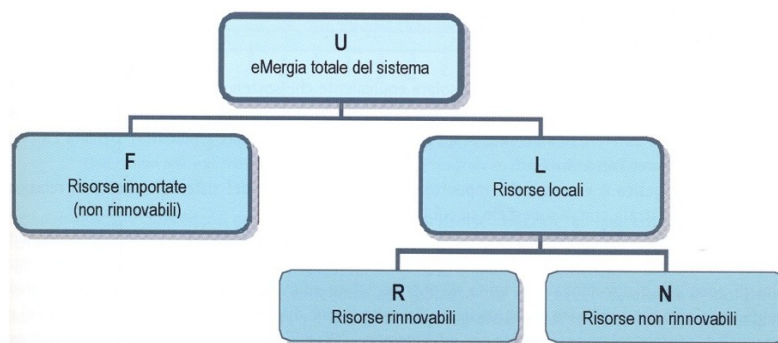


Fig. 2.14 – *Classificazione delle risorse utilizzate nel territorio (Tiezzi et al., 2007)*

- a) *risorse locali rinnovabili (R)*, quali energia solare incidente, pioggia, vento, onde, maree, calore geotermico, adoperate nell'esercizio delle funzioni prettamente ecosistemiche o direttamente dall'uomo (ad esempio per la produzione di energia elettrica eolica o fotovoltaica);
- b) *risorse locali non rinnovabili (N)* consumate dalla comunità per soddisfare i fabbisogni idrici, energetici e minerari, includendo anche la perdita di fertile suolo agricolo (R ed N vengono complessivamente indicate con il simbolo L);
- c) *risorse importate dall'esterno (F)*, quindi non rinnovabili: cioè fonti energetiche, materie prime, semilavorati e prodotti finiti destinati alla popolazione o ai settori produttivi.
- d) *risorse esportate* agli altri territori (E).

La modellizzazione grafica delle relazioni tra le componenti sistemiche e dei flussi materiali ed energetici entranti e uscenti (terza fase), elaborata ricorrendo all'apposita simbologia, favorisce la visione complessiva della vita che si compie nel territorio (Fig. 2.15).

Lo step successivo consiste nella traduzione dei fattori impiegati in termini eMergetici, moltiplicandoli per le rispettive transformity disponibili in letteratura o ricavabili da analisi effettuate ad hoc.

Infine, dal siffatto bilancio è possibile estrapolare la seguente serie di quozienti o indicatori di sintesi:

- **U/area** (o *densità eMergetica*; sej/km^2): è il rapporto tra l'eMergia totale utilizzata dal territorio, $U = R+N+F$, e la sua superficie. Alti valori possono manifestarsi in situazioni di elevata artificialità con intensa concentrazione di attività ad avanzato contenuto tecnologico e informativo, come avviene nei centri direzionali e finanziari delle grandi

città, ma possono anche essere il segno di un dispendio eccessivo delle risorse.

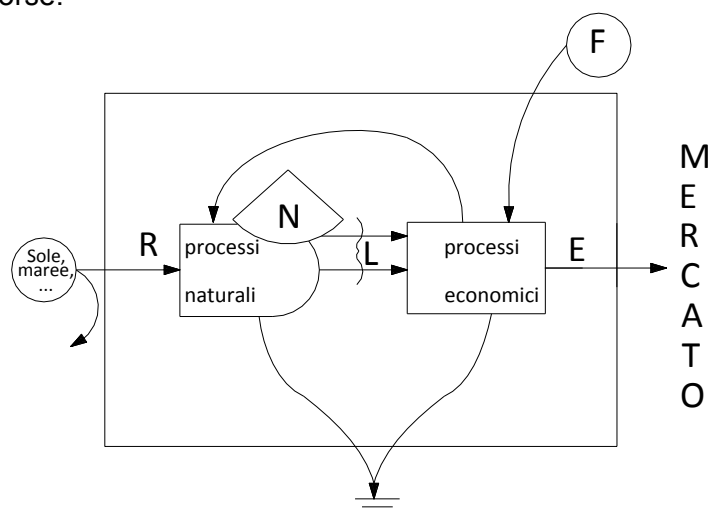


Fig. 2.15 – Diagramma eMergetico del territorio

- **U/abitanti** (*eMergia pro capite*; sej/ab): esprime il consumo specifico per abitante ed è, quindi, rappresentativo dei comportamenti e delle abitudini della comunità.
- **(N+F)/R** (*rapporto di impatto ambientale*): si determina dal rapporto delle fonti non rinnovabili su quelle rinnovabili usate. Rileva il grado di sostenibilità del territorio, ed è più elevato nei settori eMergivori (agricoltura con intensivo impiego di fertilizzanti, ecc.).
- **F/(R+N)** (*rapporto di investimento eMergetico*): definisce la percentuale di mezzi esterni rispetto a quelli locali. Si conseguono bassi punteggi quando le merci vengono realizzate attingendo perlopiù a risorse endogene, quindi con minori input del mercato, perciò a costi monetari inferiori; ne consegue l'opportunità di offrirle a prezzi competitivi.
- **U/F** (*rendimento eMergetico*): si calcola dividendo l'eMergia inglobata nei beni e servizi ottenuti per quella acquistata dall'esterno. Misura, cioè, la produttività o resa del territorio, per cui alti valori denotano autonomia; viceversa, bassi valori indicano una condizione di dipendenza dall'esterno, con potenziali risvolti critici qualora l'approvvigionamento dovesse interrompersi, ma può anche interpretarsi come sfruttamento della ricchezza altrui.
- **U/PIL** (*valore di scambio*): rappresenta il rapporto tra la ricchezza reale e quella monetaria, cioè misura quanta eMergia è servita per creare un euro di valore aggiunto. Un indice elevato può essere sintomatico di una produzione inefficiente, con spreco di risorse, ma è anche tipico dei paesi fornitori di materie prime, solitamente cedute ad un prezzo che trascura il lavoro compiuto dalla natura. Dal confronto delle prestazioni di alcune nazioni (Ulgiati et al., 1994), con riferimento al prodotto nazionale lordo (PNL), è emerso un accentuato divario tra i paesi economicamente avanzati, quali Italia, Svizzera, Spagna, Giappone e USA, posizionatisi in coda, e quelli "arretrati", quali Papua

Nuova Guinea, Liberia e Dominica, ai vertici della graduatoria¹⁶⁰ (Tab. 2.5). Nel grafico in Fig. 2.16 sono rappresentati, rispettivamente, gli andamenti dell'eMergia totale utilizzata (U), delle risorse impiegate e del prodotto mondiale lordo (PML) dal 1950 al 1995: solo l'uso delle risorse rinnovabili è rimasto costante, a dimostrazione della scarsa volontà dei Paesi di preservare il capitale naturale. In Fig. 2.17 è riportato il declino del rapporto U/PML (anno base 1995) nello stesso intervallo di tempo del grafico precedente: il "potere di acquisto" del dollaro è diminuito per il progressivo aumento degli sprechi energetici.

| Paese | EMergia (U) (10 ¹² sej) | PNL (10 ⁹ US\$/anno) | U/PNL (10 ¹² sej/US\$) |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Papua Nuova Guinea | 1.216 | 2,60 | 48,00 |
| Liberia | 465 | 1,34 | 34,50 |
| Rep. Dominicana | 7 | 0,08 | 14,90 |
| Ecuador | 964 | 11,10 | 8,70 |
| Cina | 71.900 | 376,00 | 8,70 |
| Brasile | 17.820 | 214,00 | 8,40 |
| India | 6.750 | 106,00 | 6,40 |
| Australia | 8.850 | 139,00 | 6,40 |
| Mondo | 202.400 | 5.000,00 | 4,05 |
| Tailandia | 1.509 | 43,10 | 3,70 |
| Unione Sovietica | 43.150 | 1.300,00 | 3,40 |
| Nuova Zelanda | 791 | 26,00 | 3,00 |
| Svezia | 4.110 | 160,00 | 2,60 |
| USA | 66.400 | 2.600,00 | 2,50 |
| Paesi Bassi | 3.702 | 16,60 | 2,20 |
| Giappone | 15.300 | 715,00 | 2,14 |
| Spagna | 2.090 | 13,00 | 1,60 |
| Italia | 12.650 | 865,83 | 1,46 |
| Taiwan | 2.137 | 158,00 | 1,35 |
| Germania Ovest | 8.027 | 715,00 | 1,12 |
| Svizzera | 733 | 102,00 | 0,70 |

I dati sono stati calcolati da Odum H. T. ad Odum E. C. (1983), eccetto per: Italia (Ulgiati S. et al., 1989), Papua Nuova Guinea (Doherty S. J. et al., 1992), Tailandia (Brown M. T. e McClanahan T. R., 1992), Svezia (Doherty S. J. et al., 1991), Taiwan (Huang S. L. e Odum H. T., 1991; Huang S. L. e Shih T. H., 1992) e Ecuador (Odum H. T. e Arding J. E., 1991).

Tab 2.5 – EMergia totale utilizzata (U), Prodotto Nazionale Lordo (PNL) e U/PNL per alcuni Paesi del mondo (Ulgiati et al., 1994)

¹⁶⁰ Ulgiati S., Odum H. T., Bastianoni S. (1994), *EMergy Analysis, Environmental Loading and Sustainability. An EMergy Analysis of Italy*, p. 231.

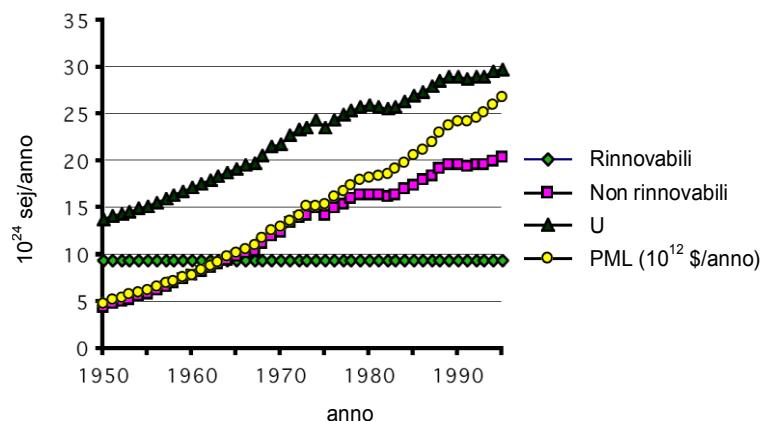


Fig. 2.16 – Grafico dei flussi energetici mondiali e del PML (1950-1995) (Brown et al., 1999)

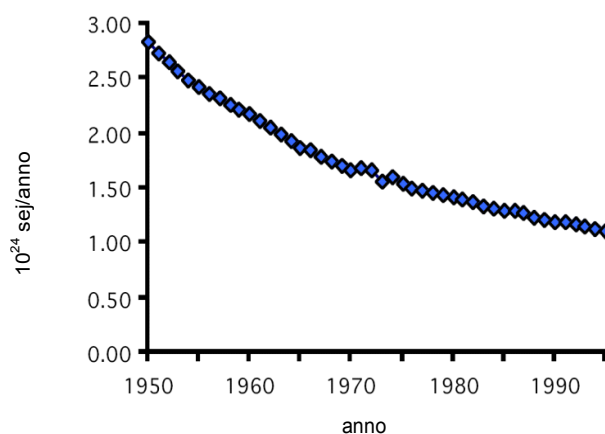


Fig. 2.17 – Grafico dell'indicatore U/PML (1950-1995) (Brown et al., 1999)

Non che si neghino gli indubbi benefici traibili dal commercio internazionale, riscontrati anche da Ricardo, ma ciò avverrebbe in un irrealistico "sistema di perfetta libertà di commercio", mentre è inconfutabilmente accertata l'esistenza dello scambio economico ed ecologico ineguale, generato sia dallo scarso potere, politico e sociale, dei paesi del Terzo Mondo di contrattare la vendita delle materie prime in modo da incorporare le esternalità negative locali che dalla sottostima dei tempi ecologici necessari a generarle rispetto a quelli economici trascorsi per plasmarsi in manufatti. Martinez Alier (2009) definisce *dumping* ecologico: "la vendita di beni a prezzi che non includono compensazioni per le esternalità o per l'esaurimento di risorse naturali". "Orbene – prosegue l'autore - quando si esporta petrolio dal delta del Niger, le relazioni di potere e di mercato sono tali che non esiste la possibilità di includere nel prezzo i costi sociali, culturali e ambientali della sua estrazione. Allo stesso modo, i diamanti dell'Africa portano zaini ecologici e sociali non contabilizzati, e quando

un paese come il Perù esporta oro e rame, e internamente soffre molti danni sociali e ambientali, non è appropriato affermare che i valori sociali dei peruviani sono tali che non gli importa della salute né dell'ambiente. Piuttosto si deve dire che non possono difendere il proprio interesse per un ambiente e una salute migliori perché sono relativamente poveri e impotenti". Egli ha avanzato, allora, la proposta di regolare i pagamenti sui contenuti energetici¹⁶¹.

- **E/F**: è il rapporto tra l'emergia delle esportazioni e quella delle importazioni e misura l'abilità di un territorio ad interagire con gli altri.

¹⁶¹ Martinez Alier J. (2009), *cit.*, pp. 306-311.

PARTE SECONDA

**IL PRIMO CASO-STUDIO. LA VALUTAZIONE
ENERGETICA TERRITORIALE**

CAPITOLO 3. L'Analisi EMergetica della provincia di Catania

3.1 Introduzione

La prima applicazione della tesi consiste nel computo dei flussi eMERgetici scambiati tra la provincia catanese e l'esterno nell'anno 2006 al fine di indagare sulla sostenibilità delle attività che si svolgono in essa. A tale proposito il territorio è stato convenzionalmente suddiviso in tre sub-sistemi, possedendo ognuno di essi caratteristiche differenti: la maggior parte dell'area pedemontana, l'area metropolitana (con propaggini pedemontane) e l'area calatina. Pertanto, nei successivi paragrafi, si procederà a:

- a) delinearne sinteticamente la fisionomia geografica e socioeconomica del suddetto contesto, ponendo particolare attenzione all'ambito metropolitano, nel quale si accentrano le principali funzioni amministrative, introducendo taluni significativi riferimenti storici al suo sviluppo morfologico negli ultimi cinquant'anni;
- b) descrivere la fase di raccolta, classificazione ed elaborazione sistematica dei dati;
- c) illustrare il procedimento di calcolo adoperato;
- d) discutere dei risultati ottenuti.

3.2 Individuazione del territorio come unità di produzione

L'intera provincia si estende su una superficie di 3.552 km² circa ed è costituita da 58 comuni e 1.075.657 abitanti (fonte: Istat, 2006) (Figg. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5). La combinazione tra peculiari condizioni geologiche, biologiche e paesaggistiche ha fatto di questo territorio un variegato quadro ambientale di notevole pregio.

La maggior parte dell'area pedemontana (A. P.) (Fig. 3.6), la più settentrionale dei tre sub-sistemi, ha 16 comuni con una superficie di 1.048 km² e 181.863 residenti con più di 17.000 ab./km². Esattamente, oltre la metà della sua popolazione vive nei tre centri abitati di Adrano (35.981 ab. su 83 km²), Biancavilla (23.378 ab. su 70 km²) e Giarre (26.932 ab. su 27 km²). È occupata quasi interamente dal vulcano Etna. Per il resto si incontrano i seguenti settori naturalistici: il litorale ghiaioso sul Mar Jonio su cui prospettano le località di Riposto, Mascali e Fiumefreddo, nelle quali i catanesi si riversano massicciamente durante la stagione balneare, mettendo in crisi la capacità di carico dei servizi e delle infrastrutture; la valle fluviale dell'Alcantara, sul confine messinese; una parte della catena montuosa dei Nebrodi, nei siti di Bronte, Maniace e Randazzo, con la presenza di faggeti, cerreti e, a quota superiore, pascoli; il primo tratto della vallata del fiume Simeto, che sorge alle pendici dei Nebrodi.

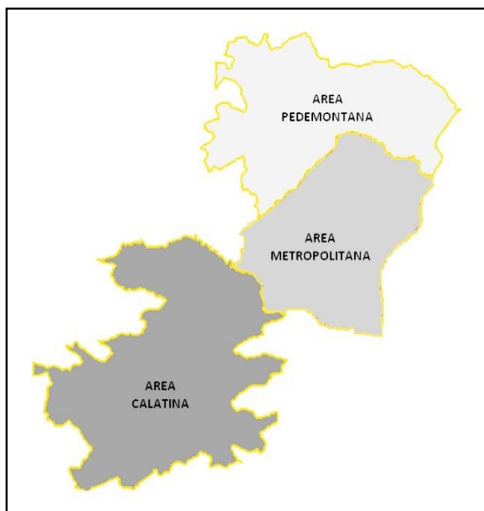


Fig. 3.1 – Provincia di Catania

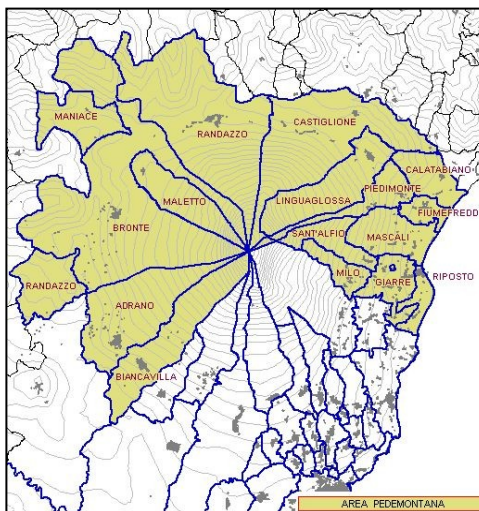


Fig. 3.2 – Area pedemontana

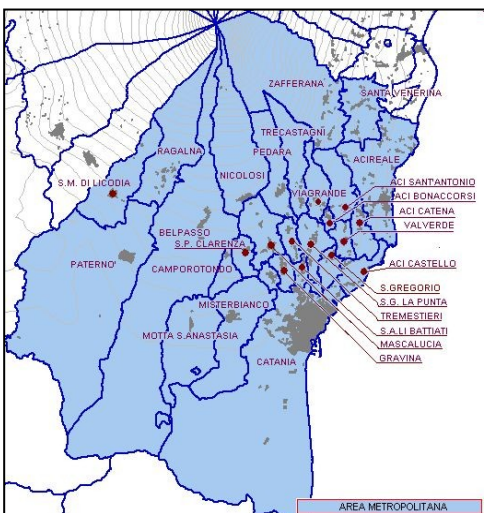


Fig. 3.3 – Area metropolitana

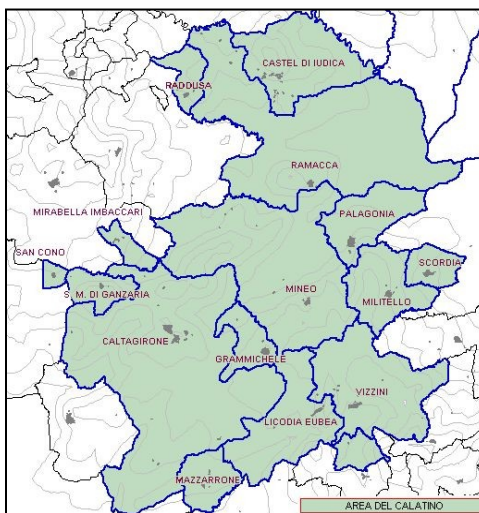


Fig. 3.4 – Area calatina

L'area metropolitana (A. M.) (Fig. 3.7) con un'armatura urbana di 27 comuni, raggiunge con 748.152 residenti, su una superficie di 952 km², la maggiore densità abitativa della provincia: oltre 78.000 ab./km². La sua geomorfologia è contraddistinta, in direzione nord: dalla Piana di Catania, quasi interamente coltivata ad agrumeti, orti e seminativi; dal versante meridionale del cono etneo dove abbiamo i paesi di Belpasso, Ragalna, Nicolosi, Pedara, Trecastagni, Viagrande, Zafferana e Santa Venerina. Sul monte Etna si succedono, fino a 1.500 m di quota, agrumeti, vigneti, uliveti, nocciolieti, pistacchietti, colture ortive, pometi e castagneti mentre le altezze

maggiori sono occupate da vegetazione spontanea fino alle sterili distese laviche. Quanto alla costa jonica, da sabbiosa, a partire dalla foce del Simeto, nel comune di Catania, diviene rocciosa nella Timpa di Acireale.

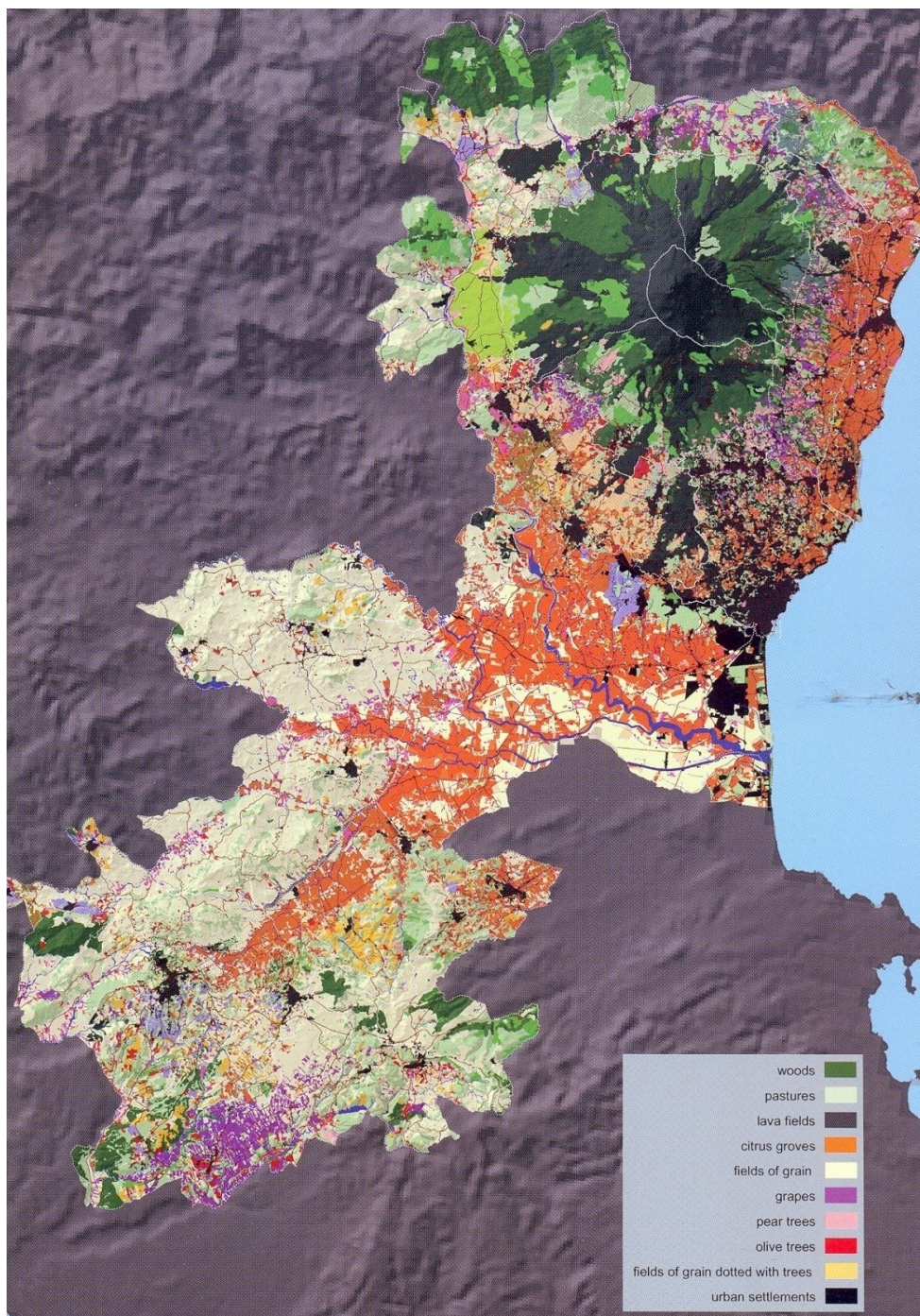


Fig. 3.5 – *Carta dell'uso del suolo della provincia di Catania* (“Tecnica e ricostruzione”, settembre-dicembre 2009)



Fig. 3.6 – *Vigneti nell'Area Pedemontana*



Fig. 3.7 – *Veduta dell'Area Metropolitana dalla zona industriale*

L'area calatina (A. C.) (Fig. 3.8), la più meridionale dei tre sistemi, è costituita da 15 comuni con 145.642 residenti, una superficie di 1.552 km², determinando la minore densità della provincia: meno di 9.500 ab/km². Più della metà della popolazione si concentra, in realtà, nel baricentro amministrativo di Caltagirone (39.314 ab. su 382 km²), seguito a distanza da Scordia (17.202 ab. su 24 km²), Palagonia (16.384 ab. su 57 km²), Grammichele (13.145 ab. su 30 km²) e Ramacca (10.616 ab. su 304 km²) mentre in ognuno dei rimanenti dieci paesi il numero di abitanti varia tra le 3.000 e le 8.000 unità. Nel suo territorio si individuano tre porzioni: a nord il proseguimento e la conclusione della Piana di Catania; a sud-ovest le colline degli Erei, scarsamente ricoperte da vegetazione, in prevalenza colture cerealicole e prati di foraggiere, su Caltagirone, Mazzarrone, San Michele di Ganzaria, San Cono, Mirabella Imbaccari, e, in parte, Mineo e Ramacca; a sud-est l'Altopiano Ibleo, tavolato calcareo dove si trovano seminativi, pascoli e, in misura minore, ulivi, mandorli e carrubi.



Fig. 3.8 – *Tipico borgo rurale nell'Area Calatina*

L'analisi dei dati socioeconomici dell'intera provincia rivela la drammatica situazione di sottosviluppo tipica delle città del Mezzogiorno d'Italia. Per quanto riguarda l'ambito metropolitano si è preferito approfondire la questione nei due paragrafi successivi.

Quanto alle due aree, pedemontana e calatina, basate sulle attività agricole e manifatturiere di piccole unità aziendali, molte delle quali a conduzione familiare e artigianale, emergono criticità ancora più accentuate rispetto a quella catanese, imputabili essenzialmente all'arretratezza dei

sistemi produttivi oltre che all'assenza di opportuni servizi di supporto. Ad avvalorare quanto detto, la lettura dei dati Istat sui flussi commerciali mette in luce la loro incapacità di coprire tutte le fasi della filiera agro-alimentare, poiché si esportano prodotti ortofrutticoli grezzi e, di contro, si comprano alimenti finiti, confezionati altrove.

3.3 Significativi riferimenti storico-territoriali nell'area metropolitana¹⁶²

Se volgiamo lo sguardo ancora più indietro nel tempo notiamo che già nel XVI secolo la collina etnea veniva comunemente suddivisa in zone: la regione pedemontana, la regione boschiva, la zona desertica.

“La prima giungeva a quota 1.300, ossia fino al convento di S. Nicolò l’Arena, e comprendeva, oltre alla città di Catania, i paesi di Taormina, Calatabiano, Linguaglossa, Castiglione, Francavilla, Roccella, Randazzo, Bronte, Adrano, Paternò, Motta S. Anastasia. A sud-ovest si trovavano alcuni casali abitati da agricoltori, detti “le vigne di Catania”, per la ricca produzione viticola che li caratterizzava. (...) La zona pedemontana era marcata dalla presenza di pietre di tufo eruttate dall’Etna, chiamate dai Catanesi *sari*, ossia sciare, che movimentavano l’uniforme paesaggio. La seconda regione, che arrivava a quota 2.000, ospitava boschi di faggi, abeti e pini talmente fitti da rendere impossibile la presenza di strade ed insediamenti umani. Povera d’acqua e con colli ripidi e selvosi, la zona boschiva costituiva un percorso impervio per i visitatori che vi si avventuravano, ma offriva grandi quantità di legname. La terza ed ultima regione era priva di boschi e caratterizzata dalla presenza di sassi, sabbia, arbusti secchi ed abbondante neve, durante la stagione invernale. (...) Nel XIV secolo la zona meridionale dell’Etna, che comprendeva Aci, Catania, Motta S. Anastasia e Paternò, era una fra le principali regioni vinicole siciliane. In un’area di circa 300 km² si concentrava un grandissimo numero di vigne. (...) I vigneti rappresentavano l’elemento preponderante e caratterizzante delle pendici dell’Etna, abitate di conseguenza soprattutto da vignaiuoli. (...) La peculiarità dei vigneti dell’Etna era la presenza di un grande numero di piccoli proprietari, che abitavano in campagna e curavano personalmente, con l’aiuto dei familiari le proprie vigne. (...) Col tempo alcune contrade dell’Etna divennero talmente popolate da avere bisogno di una diversa organizzazione amministrativa, a poco a poco si trasformarono in veri e propri paesi. Altre, invece, persero importanza o scomparvero a causa delle eruzioni vulcaniche. (...) Gli intensi rapporti economici fra Catania ed il territorio extraurbano venivano ostacolati dalla mancanza di un’adeguata rete viaria. I collegamenti stradali costituirono un costante problema per tutto il Medioevo; (...) Le strade costruite in Sicilia dai Romani erano ormai cadute in disuso e divenute inutilizzabili, per

¹⁶² Questo paragrafo e quello successivo sono stati in parte ripresi da un mio saggio pubblicato nel 2008, inerente la trasformazione urbana di Catania, dal titolo: *Il giudizio di valore tra riuso urbano ed espansione illimitata della città di Catania* (in Amata G., (a cura di), *cit.*, pp. 91-130). La suddetta pubblicazione riassume parte dei risultati ottenuti dall’unità di ricerca della Facoltà di Ingegneria presso l’Università degli studi di Catania nell’ambito del Prin 2005 (Area scientifica disciplinare 08, Ingegneria Civile ed architettura; coordinatore scientifico: prof. S. Miccoli, Università degli studi di Roma “La Sapienza”; responsabile scientifico dell’unità di ricerca di Catania: prof. G. Amata).

mancanza di manutenzione. Più che di strade si trattava, in realtà, di mulattiere, che collegavano i porti e le zone costiere ai centri interni. (...) Nel '700 i casali etnei erano 34, abitati da un grande numero di persone. Un esame delle più importanti contrade dell'area etnea legate a Catania e trasformatesi col tempo in paesi offre, dunque, indicazioni utili per comprendere il rapporto fra la città di Catania e l'economia viticola dell'Etna. I principali paesi erano: Pedara, Mompilieri (oggi S. Pietro Clarenza), Trecastagni, Tremestieri, S. Giovanni La Punta, Mascalucia, Plachi, Misterbianco¹⁶³.

Il capoluogo etneo ha perso abitanti fundamentalmente per carenza di offerta degli alloggi e per i loro costi elevati. A tali motivazioni si aggiungono l'assenza di attrezzature collettive e la scarsa vivibilità ambientale dei suoi spazi. Inizialmente, negli anni Settanta, ci si è rivolti alle aree adiacenti ai confini amministrativi della città, frazioni dei comuni della cintura etnea, per soddisfare la richiesta della prima abitazione, costruendo fabbricati singoli o in cooperativa. La mancata realizzazione di servizi e spazi pubblici attrezzati ha, però, determinato la creazione di quartieri dormitorio. Tra questi i casi di Canalicchio di Tremestieri, o di Fasano e San Paolo di Gravina.

“L'ambiente fisico preesistente – osserva Sanfilippo (1976) - ricco di valori intrinseci paesistici, morfologici e di preesistenze vegetali (ulivi centenari, rigogliosi aranceti, macchie di quercioni e carrubi), è stato aggredito e distrutto sistematicamente per la più rapida ed economica realizzazione di questi insediamenti. I terreni sono stati “liberati” dagli alberi con le ruspe, col fuoco, con gli esplosivi, e livellati con gettate di macigni e macerie”¹⁶⁴.

Lo sviluppo incontrollato ha determinato un paesaggio devastato da una successione monotona di anonime costruzioni, rendendo ormai impossibile la distinzione tra un territorio comunale e quello adiacente. La confusione non è solo visiva, ma esiste anche a livello amministrativo: il mancato coordinamento delle attività degli enti preposti al governo locale ha creato sovrapposizioni o lacune nella fornitura dei servizi nelle numerose vie e piazze attraversate dai confini di due o addirittura più comuni. I cittadini che vivono in questi “non luoghi” ricordano di essere residenti dell'uno o dell'altro comune solo in caso di disbrigo di qualche documento. Catania si è trasformata quindi in un unico agglomerato senza soluzioni di continuità.

Cito, ad esempio, il caso del quartiere Barriera del Bosco-Canalicchio, situato a metà tra il comune di Catania e quello di Tremestieri. Fino alla prima metà del secolo scorso esso era costituito da due borghi rurali di distinta identità, nei quali si erigevano case coloniche e ville liberty, immerse negli agrumeti, uliveti ed orti. Questa è anche un'area a valenza storico-naturale, avendo ospitato insediamenti umani sin dall'età preistorica grazie alle sue ricche sorgenti di acqua e alle grotte di “scorrimento lavico”, solo recentemente sottoposte a tutela. In passato essa era interamente

¹⁶³ Sardinia P. (1995), *Tra l'Etna e il mare. Vita cittadina e mondo rurale a Catania dal Vespro ai Martini (1261/1410)*, pp. 22; 31-34.

¹⁶⁴ Sanfilippo E. D. (1976), *Finalità, contenuti e metodologia della ricerca*, in Sanfilippo E. D., Busacca P., Faro F., *Urbanistica e quartieri. L'abitazione nell'area catanese*, p. XX.

coperta da boschi ed il legno che se ne ricavava veniva adoperato già in epoca romana per la costruzione di navi¹⁶⁵.

La zona del Canalicchio agli inizi degli anni Cinquanta contava poco più di trecento abitanti. Nel decennio successivo quasi tutte le ville e i giardini di pertinenza furono distrutti e sostituiti da informi palazzoni. Ad incrementare ulteriormente il degrado ambientale contribuirono le abitazioni costruite dall'IACP. Nel 1961 si contavano già 950 abitanti mentre nel 1971 il numero degli abitanti raggiungeva le 6.045 unità. Per qualche fortuita circostanza solo qualche dimora storica si è conservata fino ad oggi; intorno ad essa però il contesto è stato totalmente stravolto: una cortina di casermoni si affaccia sulle originarie trazzere strette e irregolari, malamente adattate al traffico veicolare¹⁶⁶.

Nel 1966 la Commissione provinciale per la tutela delle bellezze naturali avanzò la proposta di sottoporre a vincolo il territorio, ai sensi della Legge n. 1497 del 1939 e della Legge n. 1357 del 1940¹⁶⁷, essendo esso ritenuto ricco di pregi paesaggistici e di belvedere panoramici dai quali godere della visione dell'Etna da un lato e della fascia costiera ionica dall'altra. A causa delle lungaggini burocratiche, occorsero ben dodici anni per giungere alla conclusione dell'intero procedimento. Troppi per "salvare" la frazione Canalicchio ritenuta ormai irrimediabilmente "compromessa da una serie di lottizzazioni con costruzioni fitte e volumetricamente imponenti"¹⁶⁸. Cosicché, l'intero comune di Tremestieri venne dichiarato di notevole interesse pubblico, ad esclusione dell'area in questione. E' quanto meno singolare l'opposizione a tale iniziativa da parte di qualche membro dell'amministrazione comunale di allora per il timore che il vincolo potesse costituire "intralcio all'attività edilizia e alla economia del comune"¹⁶⁹. Purtroppo la tutela delle bellezze naturali in Sicilia non è sempre stato un obiettivo unanimemente condiviso, essendo ritenuta talvolta persino un freno allo sviluppo della regione. Come osserva G. Campo (2004) "in Sicilia, come ovunque, le risorse collettive non rinnovabili (suoli, aria e acque) sono oggetto di "sfruttamento" e di scambio mercantile. Diventa impossibile progettare e dunque immaginare configurazioni complessive razionalmente ispirate ad usi compatibili con le peculiarità dei siti e con gli interessi diffusi, per la inevitabile contrapposizione degli interessi specifici (che sempre ha reso inattuabili i piani urbanistici...), specie quando piuttosto prevale l'idea che economia e sviluppo girino solo che si consumino quanto più suoli, aria, acque ed energia"¹⁷⁰.

¹⁶⁵ Messina D. (2002), *Canalicchio frazione di Tremestieri (appunti per una storia)*, p. 41.

¹⁶⁶ "L'enorme *Tenuta Spitaleri* (oggi *Parco Gioieni*), ad esempio, per puro miracolo e per la tenacia dell'allora sindaco Domenico Magri, negli anni '50 scampò ad un abile quanto scellerato tentativo di lottizzazione" (Privitera S. (2001), *Barriera-Canalicchio. Storia, evoluzione e immagini di un quartiere*, p. 23).

¹⁶⁷ Verbale n. 41 della seduta del 26 agosto 1966.

¹⁶⁸ Decreto dell'Assessore per i beni culturali ed ambientali e per la pubblica istruzione 28 settembre 1978, GURS del 20 gennaio 1979.

¹⁶⁹ Verbale della seduta di cui alla nota 5.

¹⁷⁰ Campo G. (2004), *Anabasi di Sicilia. Dalla foce alle sorgenti di fiumi ormai senz'acqua*, p. 25.

3.4 Descrizione dello stato di fatto dell'area metropolitana

Il nucleo urbano di Catania, situato in un contesto di pregevole valenza ambientale, tra il mare Jonio, a sud-est, e il vulcano Etna, a nord, nel 1951 contava solo 299.629 residenti (Tab. 3.1); essi divengono 363.928 nel 1961 e 400.048 nel 1971, a seguito di un fenomeno di immigrazione di alcuni abitanti dei paesi dell'entroterra siciliano, alla ricerca di migliori opportunità lavorative. Nel ventennio 1971-1991 si registrava un decremento della popolazione cittadina del 18,6%: circa 67.000 residenti in meno, a causa del loro trasferimento, inizialmente verso i comuni dell'immediato hinterland, detti anche "di prima corona" poi, con la loro saturazione, verso quelli più distanti, "di seconda corona". Nelle Figg. 3.9, 3.10 e 3.11 è visibile il processo di urbanizzazione dal 1943 al 1996.

| Area metropolitana di Catania | Superficie territoriale (ha) | Numero di residenti | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Anno | 1951 | 1961 | 1971 | 1981 | 1991 |
| Catania | 18.088 | 299.629 | 363.928 | 400.048 | 380.328 | 333.075 | 313.110 |
| Misterbianco | 3.750 | 12.703 | 15.554 | 18.836 | 29.858 | 40.785 | 43.995 |
| Motta S. Anastasia | 3.573 | 5.316 | 5.909 | 5.749 | 6.731 | 8.716 | 10.244 |
| Paternò | 14.404 | 36.423 | 40.899 | 41.830 | 43.432 | 44.266 | 45.725 |
| S. Maria di Licodia | 2.623 | 6.217 | 6.484 | 6.217 | 6.458 | 7.096 | 6.760 |
| Ragalna ^o | 3.923 | | | | | 2.591 | 3.103 |
| Belpasso | 16.449 | 11.075 | 11.871 | 12.353 | 14.220 | 19.183 | 20.358 |
| Camporotondo etneo | 638 | 790 | 888 | 913 | 1.337 | 2.066 | 3.007 |
| S. Pietro Clarenza | 641 | 3.176 | 1.469 | 1.579 | 2.444 | 4.025 | 5.863 |
| Gravina | 504 | 2.557 | 2.972 | 8.537 | 23.930 | 26.627 | 27.343 |
| Mascalucia | 1.624 | 3.176 | 3.580 | 4.446 | 10.547 | 19.286 | 24.483 |
| Nicolosi | 4.248 | 3.393 | 3.701 | 3.862 | 4.497 | 5.365 | 6.197 |
| S. Agata li Battiati | 313 | 933 | 1.031 | 4.329 | 9.319 | 10.856 | 10.378 |
| Tremestieri etneo | 646 | 2.021 | 2.550 | 6.872 | 13.538 | 16.695 | 20.442 |
| S. Gregorio | 561 | 2.281 | 2.883 | 3.700 | 8.050 | 9.150 | 10.366 |
| Valverde | 550 | 1.641 | 1.920 | 3.004 | 4.684 | 5.717 | 7.246 |
| Aci Bonaccorsi | 170 | 1.693 | 1.910 | 2.048 | 2.223 | 2.360 | 2.549 |
| S. Giovanni la Punta | 1.063 | 3.026 | 4.884 | 7.446 | 13.762 | 18.858 | 20.850 |
| Viagrande | 1.005 | 3.694 | 3.926 | 4.037 | 4.807 | 5.688 | 6.591 |
| Trecastagni | 1.896 | 3.581 | 3.957 | 4.090 | 4.699 | 6.960 | 8.212 |
| Pedara | 1.917 | 3.658 | 3.658 | 4.076 | 5.387 | 8.034 | 10.062 |
| Aci Castello | 865 | 7.804 | 9.293 | 10.437 | 14.020 | 17.927 | 18.272 |
| Aci Catena | 845 | 8.233 | 8.771 | 9.793 | 12.950 | 20.760 | 27.058 |
| Aci S. Antonio | 1.427 | 4.685 | 4.953 | 5.318 | 6.270 | 12.459 | 15.389 |
| Acireale | 3.996 | 39.439 | 43.752 | 47.122 | 48.493 | 46.199 | 50.190 |
| S. Venerina | 1.879 | 5.880 | 6.316 | 6.489 | 6.604 | 6.972 | 7.901 |
| Zafferana etnea | 7.612 | 5.632 | 5.856 | 5.796 | 6.402 | 7.361 | 8.139 |
| Hinterland | 77.122 | 179.445 | 198.987 | 228.879 | 304.662 | 376.021 | 420.723 |
| Area metropolitana | 95.210 | 479.074 | 562.915 | 628.927 | 684.990 | 709.096 | 733.833 |

^oIl comune di Ragalna è stato frazione di Paternò fino al 28 aprile 1985

Tab. 3.1 – Residenti nell'area metropolitana di Catania (Istat)



Fig. 3.9 – *Il territorio di Catania e dei comuni etnei nel 1943*

Le cause che hanno originato il distorto sviluppo fisico-morfologico della città etnea, sono da ricercarsi nella sua fragile struttura socio-economica: l'apparente prosperità, negli anni del boom economico, che le valse il soprannome di "Milano del Sud", si basava, in realtà, su un settore terziario costituito dal pubblico impiego e da piccoli esercizi commerciali, e su un settore industriale fondato quasi esclusivamente sull'attività edilizia di grandi e piccole imprese, dedite, rispettivamente, alla realizzazione di opere pubbliche e di interi quartieri economico-popolari, e alla costruzione, talvolta illegittima, di singoli edifici unifamiliari. La disponibilità finanziaria della piccola-media borghesia veniva immobilizzata nella realizzazione di seconde e terze case, al mare o in montagna.

La situazione economica attuale è anche meno florida, a seguito della riduzione dei finanziamenti pubblici e della migrazione delle grandi società di costruzione. La zona industriale di Pantano D'Arce, preesistente ed inglobata nel piano regolatore del Piccinato, adottato nel 1964 e approvato nel 1969 e tuttora vigente, versa in uno stato di stagnazione: gli unici stabilimenti produttivi di rilievo appartengono al comparto chimico-farmaceutico ed elettronico. Dal 1997, con l'insediamento della multinazionale STMicroelectronics, e, successivamente, di altre importanti imprese (Nokia, Intel, ...) operanti nello stesso comparto, a seguito di

vantaggiosi accordi con le amministrazioni locali e l'Università, si è cominciato a parlare di distretto tecnologico (ufficialmente istituito con Decreto Regionale n. 152 del 2005). Ridimensionati gli iniziali entusiasmi, anche a causa del trasferimento di buona parte dei processi produttivi nelle aree geografiche del Sud-Est asiatico, alla ricerca di più elevati saggi del profitto, allo stato attuale è rimasta la STM, con il suo indotto costituito da piccole-medie aziende.



Fig. 3.10 – *Il territorio di Catania e del suo hinterland nel 1974*

A Catania, dove le aree fabbricabili e le costruzioni edili vengono scambiate come merci più per incrementare le rendite fondiarie di pochi che per soddisfare bisogni sociali una larga fetta dell'economia locale è stata basata su un'attività edilizia a carattere spontaneo, falsamente produttiva: infatti, contribuendo al deturpamento di risorse ambientali e culturali, essa ha affossato ulteriormente le potenzialità di sviluppo del territorio¹⁷¹. Dal canto loro, le autorità locali, non si sono limitate ad osservare passivamente le direttrici "natural" di espansione della città¹⁷², senza applicare le misure restrittive previste in caso di irregolari interventi edilizi privati, ma hanno contribuito esse stesse alla devastazione del

¹⁷¹ Amata G. (1992), *cit.*;

¹⁷² Zizzo N. (1992), *Le direttrici di espansione della città di Catania*, in Amata G. (a cura di), *Lo sviluppo perverso*, pp. 115-121.

territorio¹⁷³. Il piano di risanamento del rione popolare di San Berillo, approvato dalla Legge Regionale n. 13 del 1954 perché considerato opera di pubblica utilità, ha segnato una profonda lacerazione del tessuto storico urbano, prevedendo, in luogo del preesistente quartiere popolare, una serie di fabbricati tipologicamente estranei al contesto, con una cubatura complessiva di 1.800.000 m³ circa, su una superficie fondiaria di 120.000 m². In essi doveva stabilirsi il centro direzionale-finanziario, simbolo della floridezza economica di quegli anni.

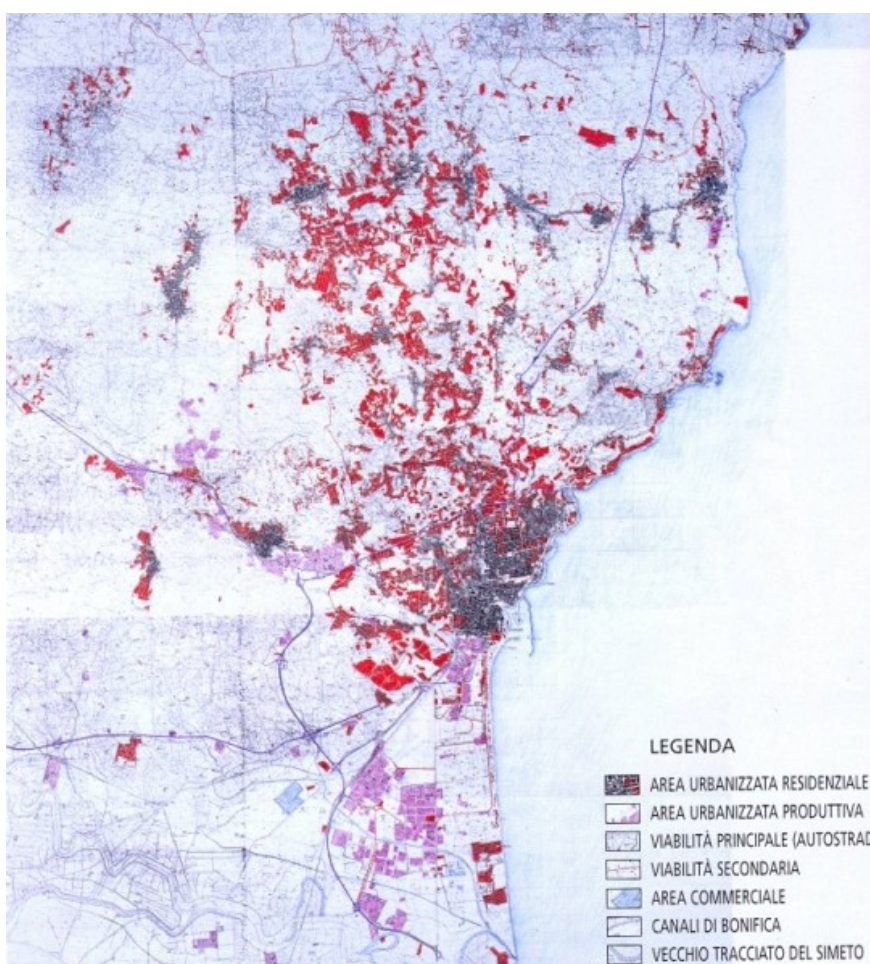


Fig. 3.11 – *Il territorio di Catania e dei comuni etnei nel 1996* (“La città e il piano”)

Un’indagine condotta da Sanfilippo, Busacca e Faro¹⁷⁴, individua tre modi di crescita dell’area urbana catanese, dal secondo dopoguerra ai primi anni Settanta:

¹⁷³ Si veda in proposito Campo G. (2004), *cit.*

¹⁷⁴ Sanfilippo E.D., Busacca P., Faro F. (1976), *cit.*

- a) popolare privato, spontaneo-abusivo, nelle realtà “deboli” e negli spazi residuali del centro storico o delle periferie;
- b) popolare pubblico nelle aree marginali scartate dal mercato immobiliare, prevalentemente in direzione sud-ovest;
- c) speculativo, illegittimo o legittimo, nei territori dei comuni contermini, pedemontani e costieri.

I quartieri del Pigno, Cibali, via Messina si sono sviluppati secondo la prima modalità, dall’aggregazione caotica di rozze abitazioni unifamiliari e dall’aggiunta di superfetazioni a costruzioni già fatiscenti. I “relitti di terreno in periferia, i lotti inedificabili nel tessuto urbano recente, ceduti agli abusivi a mercato libero, vengono edificati con continuità, senza spazi liberi, senza preoccupazioni igieniche. (...) A questa prima fase, che vede anche l’utilizzazione dei più degradati, instabili e antigienici edifici del centro storico, subentrano fasi successive in cui si passa al mini edificio in cemento armato, alla sopraelevazione, alla palazzina in condominio, già con il ricorso ad imprese edilizie minori”¹⁷⁵.

Alla modalità b) appartengono i quartieri di edilizia economica e popolare di Monte Po, Nesima Inferiore e Superiore, Villaggio Dusmet, Villaggio S.M. Goretti, Villaggio S. Agata, Librino, realizzati dalla seconda metà degli anni Cinquanta in poi. In essi la dotazione di servizi e attrezzature è gravemente insufficiente, pessima la qualità dei manufatti edilizi.

Nella modalità di crescita c) della città di Catania sono stati coinvolti sia i comuni appartenenti alla cosiddetta “prima corona” (procedendo da ovest ad est: Motta S.Anastasia, Misterbianco, Paternò, Ragalna, Belpasso, Camporotondo, San Pietro Clarenza, Gravina, S.Agata Li Battiati, Mascalucia, Tremestieri, San Giovanni La Punta, San Gregorio, Valverde, Acicastello) che i comuni della “seconda corona” (Nicolosi, Pedara, Trecastagni, Viagrande, Aci Bonaccorsi, Aci Sant’Antonio, Aci Catena, Acireale). Nel 1995, con Decreto del Presidente della Regione n. 230, è stata istituita l’area metropolitana catanese, includendo in essa, oltre ai comuni sopra citati, Catania, Santa Maria di Licodia, Santa Venerina e Zafferana. In tab. 1 riporto i dati, forniti dal censimento Istat, relativi alle superfici territoriali ed al numero dei residenti in questo territorio, negli ultimi cinquant’anni. Le variazioni della popolazione, espresse in percentuale, evidenziano che, come già detto, i primi paesi che hanno subito un incremento abitativo massiccio sono stati quelli più vicini al capoluogo (Gravina, S. Pietro Clarenza, Misterbianco, Sant’Agata li Battiati, Tremestieri, S. Giovanni La Punta). Ulteriore dimostrazione dell’esistenza di questo flusso migratorio ci viene fornita dall’epoca relativamente recente delle abitazioni localizzate nell’hinterland: oltre il 50% di esse risale all’ultimo trentennio.

Il termine “area metropolitana” fa qui riferimento ad una situazione di conurbazione complessa, nella quale, cioè, la dilatazione a macchia d’olio, sia radiocentrica che lineare costiera, del perimetro di Catania ha inglobato i centri minori e le campagne vicine (Stellin, Stanghellini, 1997¹⁷⁶;

¹⁷⁵ Ibidem, p. XIV.

¹⁷⁶ Stellin G., Stanghellini S. (1997), *cit.*, p. 47.

Sanfilippo, 1991)¹⁷⁷. Più precisamente questo sistema, con un'estensione di 952 km² circa e 733.833 abitanti, ha come baricentro il nucleo urbano di Catania. Intorno a questo gravitano, da ovest ad est, sul suo versante settentrionale, due comuni di ragguardevoli dimensioni, Paternò e Acireale, e, tra di essi, il grappolo dei paesi alle pendici dell'Etna, mentre, sul suo versante meridionale, si trovano il comune di Misterbianco, Librino, e, lungo il litorale sabbioso, nei pressi della foce del Simeto, villaggi residenziali stagionali.

L'urbanizzazione massiccia si è placata in parte solo con i programmi di fabbricazione dei comuni contermini, risalenti agli inizi degli anni Settanta: in essi si prevedeva la realizzazione di servizi e spazi pubblici, in ottemperanza al Decreto Ministeriale n. 1444 del 1968, rimasti, però, quasi tutti sulla carta, per cui quartieri popolosi (come lo stesso Canalicchio) si trovano oggi privi di quelle attrezzature che li renderebbero delle unità urbanisticamente autonome e vivibili.

Dai primi anni Ottanta, saturate le aree della prima corona, l'attenzione è stata rivolta a quelle più distanti: squallidi palazzoni sono stati forzatamente collocati nei centri storici dei paesi etnei, alterandone le tradizionali caratteristiche costruttive e tipologiche: i vicoli lastricati da basole laviche, gli edifici con gli elementi decorativi in pietra lavica, i manti di copertura in coppi e canali alla siciliana, i prospetti dai tipici colori bruno-rossastro o grigio, a seconda se l'intonaco era stato ottenuto mescolando azolo o ghiara, sono stati irrimediabilmente distrutti e sostituiti da scatole di cemento (Fig. 3.12). Solo recentemente, nel tentativo di rinverdire antiche tradizioni, tra i paesi etnei è nata la corsa alle manifestazioni enogastronomiche e alle fiere espositive dell'artigianato locale, avendone intravisto una discreta fonte di reddito. In lotti isolati sono state realizzate anche singole costruzioni, di scarsa qualità edilizia, talvolta parzialmente o interamente abusive, circondate da piccoli appezzamenti di verde, utilizzate dal ceto medio come seconde e terze case per la villeggiatura o come prima abitazione per chi preferisce abitare lontano dal centro edificato, determinando un *tessuto residenziale disperso*.

È significativo, ad esempio, lo stravolgimento subito dal territorio di Mascalucia dalla seconda metà del secolo scorso. Come riportato nella relazione del PRG¹⁷⁸, alla fine degli anni Cinquanta, il suo nucleo urbano si sviluppava intorno ad un'unica strada principale, la storica via Etna. Da essa si dipartivano dei percorsi secondari ai lati dei quali sorgevano alcune storiche case terranee con una corte o un giardino adiacente, e più recenti villette, palazzine bifamiliari e piccoli condomini. Le trasformazioni più violente del territorio risalgono agli inizi degli anni Settanta – Ottanta, inevitabili conseguenze della diffusione di massa dei mezzi di trasporto individuali: nuove strade vengono bruscamente innestate nel centro storico e intere aree urbanizzate vengono realizzate ex novo. Si diffondono tipologie edilizie inedite quali edifici condominiali multipiani, determinando un *tessuto residenziale compatto*. Ad un volume edilizio stimato dai progettisti del piano di circa 3.700.000 m³, per una superficie comunale di 1.600 ha circa e un numero di abitanti pari a 22.858 (dati di giugno 1995),

¹⁷⁷ Sanfilippo E.D. (1991), *Catania, città metropolitana*, p. 21.

¹⁷⁸ Progettista: prof. arch. Dato G.; collaboratori: ing. Barbarossa L., ing. Busà A., ing. Martinico F., ing. Ortoleva A.

corrisponde però una dotazione di servizi ed attrezzature gravemente insufficiente, pari allo 0,5 m²/abitante contro i 18 m²/abitante previsti dal Decreto Ministeriale n. 1444 del 1968. Delle indicazioni del piano su verde pubblico, strutture di interesse comune, parcheggi, ecc., però, fino ad oggi ben poco o nulla è stato realizzato. Lo scarso valore dell'indice conferma inoltre la dipendenza socio-economica di questo comune dal capoluogo, così come avviene per tutti i paesi dell'hinterland catanese: i loro abitanti sono costretti a raggiungere la città quotidianamente, e perlopiù su mezzi privati, non esistendo alcun sistema di collegamento collettivo al di fuori degli autobus di linea. Infatti, l'incremento del traffico viario non è stato supportato da un adeguato sistema di infrastrutture.



Fig. 3.12 – Nuove costruzioni nei centri storici dei comuni etnei

Le comunicazioni con Catania, avvengono fondamentalmente mediante tre arterie che attraversano interamente il suo nucleo urbano da sud-ovest a nord-est: la tangenziale che collega il litoraneo sabbioso etneo, la zona industriale e l'aeroporto all'autostrada A18 CT-ME; la circonvallazione, da Misterbianco alla SS114 in direzione Acicastello; la via costiera che confluisce agli estremi della strada statale SS114 (Fig. 3.13). Ortogonalmente ad esse, una serie di strade provinciali si sviluppano a raggiera, da ovest ad est, dal centro cittadino all'Etna: la strada statale SS121, che conduce verso Misterbianco e Paternò, la strada provinciale SP10 in direzione Gravina, Mascalucia, Nicolosi, fino all'Etna, la strada provinciale SP8 per S. Agata Li Battiati, Tremestieri, Viagrande.



Fig. 3.13 – Arteria stradale tra i confini amministrativi di Catania e Gravina

Poiché l'incontrollato sviluppo edilizio ha determinato una cortina di edifici anche ai lati delle strade provinciali, esse non sono adibite esclusivamente al traffico di attraversamento, ma soggette anche a quello locale per le innumerevoli immissioni di veicoli provenienti dalle strade private di lottizzazione. A Gravina, ad esempio, sulla strada provinciale SP10, prospettano numerose attività commerciali per la vendita al dettaglio, a fronte di un numero esiguo di parcheggi, determinando un insostenibile rallentamento del flusso veicolare. Lo stesso problema affliggeva il centro storico di San Gregorio: esso è stato in parte risolto mediante la realizzazione di un nuovo svincolo sulla tangenziale (uscita paesi etnei) che tocca il paese per raggiungere la nuova zona commerciale di S. Giovanni La Punta; la pianificazione diviene purtroppo una conseguenza e non una premessa ai centri commerciali.

A Misterbianco¹⁷⁹ “gran parte delle testimonianze del passato sono scomparse, inghiottite, sin dall’inizio degli anni Settanta, da una valanga di cemento. (...) Le zone abusive si estendono ad est e a nord-est del centro storico. In origine il valore delle aree sciarose non doveva essere certo molto elevato. (...) La molla principale che spingeva la gente verso le zone abusive era senz’altro rappresentata dal prezzo delle aree. Il valore dei terreni andava dalle 100 lire al metro quadrato dei primi anni '60 alle 3.000 lire degli anni Settanta fino alle 60-70 mila lire attuali (1995). Un prezzo quest’ultimo che appare minimo se lo si raffronta con quello dei terreni edificabili che sono sul mercato a 500 mila lire per metro quadro in

¹⁷⁹ Questo Comune si è dotato di un programma di fabbricazione solo nel 1977. Il piano regolatore è stato adottato nel 1997 e approvato nel 2001.

periferia, arrivando al milione e mezzo nel centro”¹⁸⁰. “I quartieri abusivi di Lineri, Serra, Montepalma, Poggio Lupo, Belsito, nascono così, sorgendo quasi dal nulla. Ogni notte decine di case prendono forma, come un gigantesco cancro che allunga le sue metastasi ormai incontrollabili. L’asse portante è la strada di San Giovanni Galermo. (...) Un’altra arteria ha una grande importanza ed è la circonvallazione di Catania, in prossimità della quale viene realizzato il quartiere di edilizia economica e popolare di Nesima Superiore”. Quest’ultimo “diviene una sorta di catalizzatore per l’abusivismo. Non solo i terreni vicini a quell’insediamento costano pochissimo, ma per i nuovi abitanti vi è anche la possibilità di utilizzare quel minimo di servizi e di collegamenti viari che per forza di cose era stato necessario realizzare attorno alle case popolari”¹⁸¹. A peggiorare la realtà urbana di Misterbianco contribuisce pesantemente l’area commerciale, la più estesa della Sicilia orientale per la distribuzione all’ingrosso e al dettaglio, sorta caoticamente lungo la circonvallazione che collega il capoluogo a questo comune.

Gli svantaggi scaturiti dalle sempre maggiori distanze dal centro cittadino vengono in parte compensati dalla realizzazione di nuove tipologie abitative: le ville uni o bifamiliari e gli appartamenti in attrezzati *residence*. La crescente domanda di tali modelli residenziali è stata “cavalcata oltre misura da speculatori edilizi con la connivenza di alcune amministrazioni che hanno guidato assurdi sovradimensionamenti dei piani” (Dato, 1997)¹⁸². Ad aggravare la situazione urbanistica abbiamo la diffusione, nell’ultimo decennio, sempre più massiccia, di “parchi” commerciali¹⁸³ che, collocati in posizione strategicamente baricentrica rispetto all’area metropolitana catanese, contribuiscono al consumo di suolo e all’ulteriore insostenibile congestionamento viario.

I “ritardi” e le “resistenze” riscontrate nell’attività pianificatoria catanese e, più in generale, siciliana, dei decenni scorsi (Ombuen, 2006; Schilleci, 2005)¹⁸⁴, hanno, tra l’altro, reso impossibile l’applicazione di

¹⁸⁰ “I prezzi bassissimi delle aree sciarose attorno a Misterbianco sono un’attrazione irresistibile. Vi arriva un’immensa corte dei miracoli che tira su gli edifici senza neppure l’ausilio di un geometra. Marito, moglie, figli lavorano al sabato e alla domenica, nei giorni festivi. Costruiscono le loro case, mattone su mattone, improvvisandosi carpentieri, muratori, imbianchini. Fanno spesso tutto da soli indebitandosi fino al collo” (Di Guardo N. (1995), *Misterbianco. Una storia di lotta della mafia*, pp. 52-53).

¹⁸¹ Ibidem, pp. 54-55.

¹⁸² Dato G. (1997), *Pianificazione urbanistica nell’area etnea. Il caso di Aci Catena*, p. 117.

¹⁸³ In Sicilia le attività commerciali sono fondamentalmente regolamentate dalla Legge Regionale n. 28 del 1999, “Riforma della disciplina del commercio”, e dal Decreto del Presidente della Regione n. 165 del 2000, “Direttive ed indirizzi di programmazione commerciale e criteri di programmazione urbanistica riferiti al settore commercio”.

¹⁸⁴ “Le cause dell’inerzia a disciplinare differentemente l’uso del territorio comunale appaiono molteplici: dalla sovrapposizione conflittuale di troppe competenze in materia, alla difficile composizione degli interessi e delle poste in gioco, alle procedure di formazione e gestione della decisione ambientale e territoriale, alla difficoltosa revisione degli strumenti adottati – anche per l’intrinseca rigidità degli stessi, a un apparato formativo (a partire dalla Legge fondamentale n. 71 del 1978) che ricalca sostanzialmente il dettato della Legge n. 1150 del 1942, senza trarre vantaggio dallo Statuto speciale” (Ombuen S. (2006), *Governo del territorio e pianificazione locale*, in AA.VV., *Rapporto dal territorio 2005*, p. 123).

“Altro grave problema è quello dei tempi di redazione ed approvazione degli strumenti di livello comunale o dell’adeguamento di questi a nuove normative data, a volte, dai piani di livello superiore. In Sicilia su 390 comuni sono in pochi quelli che possono dirsi provvisti di

metodologie valutative quali l'analisi di soglia (Malisz, 1964; Forte F., 1978¹⁸⁵) che, in fase di processo di piano e di programmazione dei tempi attuativi, avrebbero supportato tecnicamente le scelte, anche politiche, di individuazione delle aree di espansione urbana, quantificandone economicamente l'idoneità o suscettività insediativa e verificando l'attuabilità dei progetti. Gli effetti sono aggravati anche dal predominante uso dei mezzi di trasporto individuali a fronte della progressiva contrazione della domanda di trasporto pubblico, fenomeno atipico tra i grandi comuni italiani (Istat, *Indicatori ambientali urbani*, anni 2005-2008).

Ciò avrebbe significato evitare interventi macroscopici e difficilmente governabili, quali Librino, o l'edificazione massiccia a nord-est, in assenza di opere di urbanizzazione primaria. L'analisi estesa ai "costi" e "benefici sociali" (Secchi, 1964¹⁸⁶) avrebbe messo in evidenza gli effetti disastrosi della sottrazione di aree agricole e naturali. Tra le esternalità negative prodotte dall'interazione tra la dimensione economica e fisica (naturale e costruito) della città (Camagni et al., 1998)¹⁸⁷ si possono citare:

- 1) gli ingenti danni alle infrastrutture e al patrimonio edilizio che si verificano ogniqualvolta avvengono delle precipitazioni estremamente intense¹⁸⁸,

un PRG vigente e in regola con le più recenti norme dettate dalla legislazione. Tempi e procedure burocratiche fanno spesso sì che quando diventano cogenti siano già obsoleti per le nuove necessità del territorio cui si riferiscono" (Schilleci F. (2005), *Il contesto normativo in Sicilia. Una difficile pianificazione tra ritardi e resistenze*, in Savino M. (a cura di), *Pianificazione alla prova nel Mezzogiorno*).

¹⁸⁵ Malisz B. (1964), *cit.*; Forte F. (a cura di) (1978), *Progettazione urbanistica e territoriale attraverso l'analisi della soglia*.

¹⁸⁶ Secchi B. (1964), *cit.*, pp. 20-21.

¹⁸⁷ Camagni R., Capello R., Nijkamp P. (1998), *Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus*, pp. 103-118.

¹⁸⁸ La pioggia che cadde sul versante orientale dell'Etna il 13 marzo 1995 arrecò ingenti danni "complessivamente stimati in oltre 160 miliardi di lire". Tra le "cause predisponenti del verificarsi dei considerevoli deflussi superficiali apparentemente strani per un'area vulcanica come quella in questione, caratterizzata da terreni molto permeabili", possiamo citare, oltre all'eccezionale intensità dell'evento, "la rapida crescita urbana che si è avuta a partire dalla fine degli anni Cinquanta. (...) Detta espansione edilizia in gran parte non pianificata, (...) ha ridotto la capacità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo a causa dell'aumento delle superfici impermeabili che sono andate a sostituire i terreni agricoli e ha modificato il reticolo idrografico naturale sia con la realizzazione di strade lungo gli alvei dei torrenti sia con la trasformazione dei letti naturali in condotti di dimensioni spesso insufficienti (...). Altra causa predisponente è stata individuata nell'insufficienza della rete idrografica naturale a smaltire le piene. Tale insufficienza, (...), non è dovuta soltanto alla pratica generalizzata di utilizzare i letti dei torrenti come sede di scarico di rifiuti solidi inerti, ma anche dalle trasformazioni subite dagli impluvi che, in alcuni casi, sono stati ricoperti da colate laviche, in altri casi sono stati trasformati permanentemente in vie di accesso ad alcune proprietà fondiarie. La difficoltà a smaltire le piene è spesso aggravata dalla realizzazione di manufatti della rete stradale e/o ferroviaria che non consentono il libero deflusso a valle delle acque. Un'altra causa non secondaria è rappresentata dalla crescita di una rete viaria, molto spesso disposta nel senso di massima pendenza delle pendici, che risultando sprovvista di manufatti idraulici sufficienti a smaltire rapidamente le portate che transitano nella sede stradale favorisce lo scorrimento superficiale verso valle con velocità elevate." (Rossi G., Cancelliere A., Foti E. (1996), *Eccezionalità della pioggia e vulnerabilità delle aree urbane: il caso dell'alluvione del 13 marzo 1995 sul versante orientale dell'Etna*, convegno CNR, *La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica*).

- 2) il peso sempre più ridotto del settore agricolo nell'economia siciliana come ci conferma il Censimento generale dell'Agricoltura del 2000 (Istat): rispetto al 1990, infatti, si rileva una cospicua riduzione della superficie agraria utilizzata (SAU), pari al 20% circa per tutta la regione e al 60% circa per l'area metropolitana catanese (Tab. 3.2), e del numero delle aziende agricole presenti (-9,6%).

| Area metropolitana di Catania | Superficie territoriale (ha) | SAU (ha) | SAU (ha) | Superficie totale (agraria e forestale) (ha) | Superficie edificata (ha) |
|-------------------------------|------------------------------|----------|----------|--|---------------------------|
| Anno | | 1961 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Catania | 18.088 | 11.743 | 3.487 | 3.985 | 14.103 |
| Misterbianco | 3.750 | 1.966 | 1.288 | 1.365 | 2.385 |
| Motta S. Anastasia | 3.573 | 2.842 | 1.822 | 1.936 | 1.637 |
| Paternò | 14.404 | 10.432 | 4.926 | 5.363 | 9.041 |
| S. Maria di Licodia | 2.623 | 1.974 | 782 | 1.001 | 1.622 |
| Ragalna | 3.923 | | 481 | n. r. | 3.442 |
| Belpasso | 16.449 | 9.893 | 3.716 | 4.634 | 11.815 |
| Camporotondo etneo | 638 | 250 | 76 | 120 | 518 |
| S. Pietro Clarenza | 641 | 254 | 63 | 124 | 517 |
| Gravina | 504 | 281 | 18 | 20 | 484 |
| Mascalucia | 1.624 | 1.549 | 47 | 82 | 1.542 |
| Nicolosi | 4.248 | 1.018 | 841 | 2.395 | 1.853 |
| S. Agata Li Battiati | 313 | 159 | 52 | 91 | 222 |
| Tremestieri etneo | 646 | 598 | 53 | 82 | 564 |
| S. Gregorio | 561 | 468 | 285 | 313 | 248 |
| Valverde | 550 | 299 | 97 | 139 | 411 |
| Aci Bonaccorsi | 170 | 118 | 37 | 56 | 114 |
| S. Giovanni la Punta | 1.063 | 546 | 116 | 121 | 942 |
| Viagrande | 1.005 | 850 | 236 | 333 | 672 |
| Trecastagni | 1.896 | 776 | 276 | 952 | 944 |
| Pedara | 1.917 | 1.626 | 190 | 488 | 1.429 |
| Aci Castello | 865 | 713 | 137 | 167 | 698 |
| Aci Catena | 845 | 582 | 410 | 453 | 392 |
| Aci S. Antonio | 1.427 | 747 | 57 | 76 | 1.351 |
| Acireale | 3.996 | 2.712 | 2.057 | 2.491 | 1.505 |
| S. Venerina | 1.879 | 1.417 | 738 | 1.088 | 791 |
| Zafferana etnea | 7.612 | 1.240 | 919 | 5.460 | 2.152 |
| Hinterland | 77.122 | 43.310 | 18.820 | 25.360 | 51.762 |
| Area metropolitana | 95.210 | 55.053 | 22.307 | 29.345 | 65.865 |

^oIl comune di Ragalna è stato frazione di Paternò fino al 28 aprile 1985

Tab. 3.2 – Uso del territorio nell'area metropolitana di Catania (Istat)

Ad Aci Catena “le aree edificabili di nuova espansione (...) sono state previste nei siti panoramici anche a prescindere dai problemi di natura geologica. Nella parte sud-est del territorio, la collina di Vampolieri, nota da sempre per la sua instabilità, destinata a residenza stagionale ed alberghiera con 1.177.360 m³ per 11.772 abitanti, risulta già ampiamente occupata da residenza stabile per i catanesi con la conseguenza che ad ogni acquazzone i problemi di smottamenti e frane e conseguenti lesioni agli edifici sono all'ordine del giorno”. (Dato G. (1997), *cit.*).

Queste ultime risultano inoltre sempre più frammentate (l'86,1% di esse possiede meno di 5 ha di SAU ciascuna) e a conduzione familiare. Si assiste quindi a una crisi del comparto agricolo sia per la sua scarsa redditività, sia per l'abbandono dei terreni periurbani in attesa della loro ben più remunerativa conversione in edificabili¹⁸⁹ (Fig. 3.14);



Fig. 3.14 – *Disordine territoriale nei comuni dell'hinterland catanese*

- 3) la scarsa tutela di queste aree, nonostante il loro indispensabile ruolo ecologico; infatti, la maggior parte degli studi agricoli-forestali redatti a supporto dei PRG di ultima formazione dei comuni etnei sembra non solo indicare un'estensione di questi terreni più ridotta di quella reale (La Greca, 2007)¹⁹⁰, ma persino considerarli di basso pregio, perché quasi tutti in stato di abbandono o a reddito quasi nullo, carenti di infrastrutture a servizio dell'attività agricola e così fortemente degradate dalla pressione antropica "da non potersi più instaurare l'ecosistema forestale". Per tali motivi, concludono tali relazioni, l'art. 2

¹⁸⁹ Uno studio condotto da G. Amata alla fine degli anni Settanta sui territori dei comuni di Mascali, Nicolosi, Tremestieri, Pedara, S. Gregorio, Acic Castello rilevava già la loro trasformazione dall'uso agricolo, intensivo e redditizio, "frutto di un processo bi-secolare di riconversione colturale da incolto sterile (lava) a vigneto e successivamente – in gran parte – da vigneto in agrumeto attraverso l'utilizzazione principale di lavoro manuale e secondariamente dei mezzi meccanici", a quello edilizio e si concludeva osservando che "il danno subito dal settore agricolo, per gran parte ad indirizzo intensivo, è stato notevole e se l'appropriazione di territorio seguirà nei prossimi dieci anni il trend passato, all'interno di questa area geografica l'attività agraria non avrà certamente rilevanza spaziale, per assumere – invece – una consistenza di tipo oasistico". (Amata G. (1978), *L'aggregazione della domanda immobiliare sull'orizzonte metropolitano*, in Zizzo N., Amata G., *Rilievi economici e sociali sull'area geografica del nord-est etneo*, p. 38-46)

¹⁹⁰ La Greca P. (2007), *Pianificazione territoriale urbanistica e mitigazione dei suoi effetti sui deflussi*, in Corso di aggiornamento "Criteri e strumenti per la gestione dei deflussi meteorici. Dalle aree urbane a dalle strade extraurbane", Catania, 23 febbraio.

della Legge Regionale n. 71 del 1978¹⁹¹ “sembra inapplicabile”. Laddove viene rilevata la presenza di lembi di formazione boschiva residuale e spontanea si prevede, quindi, l’assoggettamento al vincolo di “parco suburbano”, dove consentire lo svolgimento di attività di tipo “turistico-ricettivo” o “urbano”, a bassa densità insediativa¹⁹², concedendo, in conclusione, la possibilità di edificare e comunque di compromettere l’equilibrio ecosistemico di queste preziose aree residuali.

- 4) Ad accrescere il rischio che questi brani di verde agricolo contigui ad insediamenti abitativi vengano cementificati concorre l’art. 25 della Legge Regionale n. 22 del 1996¹⁹³, il quale consente di realizzare in essi interventi di edilizia sovvenzionata, convenzionata e agevolata, su decisione delle autorità regionali, a prescindere dalle indicazioni contenute negli strumenti urbanistici locali, con prevedibili conseguenti aggravii sul benessere della collettività, sui servizi disponibili, sugli equilibri ecologici dei territori comunali, già pesantemente compromessi. E, come è facilmente riscontrabile, si tratta di alloggi che, nella maggior parte dei casi, soddisferanno la domanda abitativa non di residenti dei comuni interessati, bensì di abitanti del capoluogo, continuando il flusso migratorio dei decenni passati¹⁹⁴.

3.5 Il sistema statistico informativo utilizzato

La raccolta e l’elaborazione dei dati costituisce indubbiamente la fase dell’Analisi EMergetica più impegnativa richiedendo, più delle altre, lunghi tempi per l’oggettiva difficoltà di rilevare informazioni sul territorio scientificamente attendibili. Essa mi ha consentito, per un verso, di procedere al calcolo degli input e, per un altro, di approfondire la conoscenza del sistema in oggetto così da favorire una migliore interpretazione dei risultati. Nella tabella 2.4 sono state riportate le principali fonti informative adoperate.

I consumi delle risorse locali e delle riserve di energia sono stati desunti da statistiche, rapporti e studi di settore predisposti da enti

¹⁹¹ L’art. 2 della Legge Regionale n. 71 del 1978 così recita: “Nella formazione degli strumenti urbanistici generali non possono essere destinati ad usi extra agricoli suoli utilizzati per colture specializzate, irrigue o dotati di infrastrutture ed impianti a supporto dell’attività agricola, se non in via eccezionale, quando manchino ragionevoli possibilità di localizzazioni alternative”.

¹⁹² *Relazione del PRG di Tremestieri Etneo*, p. 17.

In proposito si veda il contributo di Martinico F. (2005), *Aree in transizione. Note sull’insediamento delle attività produttive in zona agricola in Sicilia*, in Savino M. (a cura di), *cit.*

¹⁹³ Legge Regionale n. 22 del 1996: “Modifiche alla Legge Regionale 8 gennaio 1996, n. 4, concernente: norme transitorie per l’accelerazione delle procedure nel settore dei lavori pubblici. Disposizioni varie in materia di lavori pubblici”.

¹⁹⁴ L’*Osserp-Etna* (Osservatorio sull’edilizia residenziale pubblica etnea), costituito dai comuni di Aci bonaccorsi, Aci Castello, Gravina di Catania, Mascalucia, Misterbianco, Nicolosi, Pedara, Sant’Agata li Battiati, S.Giovanni la Punta, San Gregorio di Catania, Trecastagni, Tremestieri Etneo, Valverde, Viagrande, ha denunciato con allarme “il flusso indiscriminato di richieste da parte di cooperative (ma anche di imprese) per l’assegnazione di aree per la realizzazione di programmi costruttivi” (fascicolo presentato il 12 novembre 2002 in audizione con la IV Commissione Legislativa dell’Assemblea Regionale Siciliana).

nazionali e regionali (si veda l'allegato B) e si riferiscono all'anno 2006, sebbene in qualche caso sia stato indispensabile sopperire alla carenza di dati, ricorrendo a medie annuali di periodi temporali più ampi. Le merci importate ed esportate con l'estero nel 2006 sono state espresse dall'Istat in termini fisici (tonnellate) e distinte in base alla classificazione merceologica delle attività economiche Cpateco 2002. Da questo studio sono state successivamente aggregate in 27 voci relative al settore agricolo, dell'allevamento, silvicoltura. Ben più complesso è stato il reperimento dei dati relativi alle transazioni commerciali tra la provincia e il resto dell'Italia, a causa dell'opacità delle informazioni su scala nazionale. Si è, pertanto, ricorso ad indicazioni pervenuteci direttamente dagli enti locali, quali la Camera di Commercio e la stessa Provincia, integrate da nostre elaborazioni delle statistiche Istat sulle merci trasportate su strada, a medio-lunga percorrenza, negli anni 2000-2005, distinte nelle 24 categorie NST/R. La ripartizione delle quantità tra i tre distretti è quindi avvenuta secondo il criterio di proporzionalità del numero di abitanti relativamente all'agricoltura e alla pesca, del numero di capi censiti (Istat, 2000) per l'allevamento, degli addetti per attività economica negli altri casi.

3.6 Discussione dei risultati ottenuti

Nelle tabelle 3.3, 3.4 e 3.5 sono state riportate le voci relative alle risorse consumate ed esportate nei tre bacini territoriali della provincia catanese.

Per convertire i fattori adoperati in unità eMergetiche si è fatto ricorso a delle transformity reperite in letteratura, i cui valori sono stati ricavati, come si è già detto, determinando i costi eMergetici dei processi produttivi e considerando che le originarie, autonome fonti a livello di biosfera sono il Sole, il calore geotermico e le maree, totalizzando un budget annuale globale stimato pari a $15,83 \times 10^{24}$ sej/anno (Odum H. T., 2000¹⁹⁵). I riferimenti bibliografici delle transformity utilizzate sono stati elencati nell'allegato A.

Per maggiore chiarezza i passaggi eseguiti per calcolare i valori eMergetici degli input impiegati sono stati dettagliatamente mostrati nell'allegato B.

L'elevata radiazione solare incidente, le precipitazioni piovose, il cui accumulo in serbatoi idrici sotterranei è favorito dalla porosità dei suoli vulcanici etnei, l'energia delle onde e delle maree lungo il litorale, il flusso di calore terrestre, più elevato nel cono etneo, contribuiscono a determinare una generosa disponibilità di risorse rinnovabili nel territorio, in special

¹⁹⁵ "The increase in global energy base of reference to $15,83 \times 10^{24}$ sej/yr (Folios #1 and #2) changes all the unit energy values which directly and indirectly are derived from the value of global annual empower. Two alternatives are suggested when using the values from this handbook with previously published unit energy value: Either increase the older values or decrease the new values by a factor for the change in the base used. For example, to use unit energy values based on the 1996 solar empower base (9.44×10^{24} sej/yr), multiply those values by 1.68. Or, multiply the energy values of this handbook by 0.60 to keep values on the older base (Odum H. T. (2000), *Handbook of EMergy Evaluation. Folio #1. EMergy of global processes*).

modo nel metropolitano e nel pedemontano. Costituendo, però, il vento, la pioggia e le onde coprodotti della stessa attività che dal Sole ha inizio, per evitare duplicazioni, è stato valutato solo l'apporto più elevato. Per lo stesso motivo sono stati esclusi dal calcolo i quantitativi di energia generati dalle centrali idroelettriche ed eoliche localizzate nel territorio.

I principali risultati dell'Analisi EMergetica sono stati riportati in Tab. 3.6 e nelle figure 3.15, 3.16 e 3.17.

L'eMergia utilizzata nella provincia catanese relativamente alle sorgenti rinnovabili (R), pari a 927×10^{18} sej, è solo il 2% di quella totale ($U = 45.999 \times 10^{18}$ sej). Ben il 59% di U deriva invece da risorse locali non rinnovabili ($N = 27.332 \times 10^{18}$ sej). Tra queste spicca l'apporto ragguardevole delle lave e basalti, il cui impiego è finalizzato al settore delle costruzioni, determinato sia dalle cospicue quantità estratte che dal consistente valore della transformity ($7,56 \times 10^9$ sej/g), segno dei lunghi tempi geologici necessari alla loro formazione.

La *densità eMergetica (U/area)*, che si attesta mediamente intorno a 13×10^{18} sej/km², mostra una distribuzione non omogenea tra i tre distretti, assumendo valori più elevati nel metropolitano (35×10^{18} sej/km²), dove, ad una ridotta estensione territoriale, corrisponde una superiore concentrazione sia delle risorse locali, per la presenza del mare e delle cave laviche, che degli agglomerati abitativi. Nel capoluogo catanese si addensano inoltre le funzioni di indirizzo e di governo di tutta la provincia.

Il *consumo di eMergia procapite (U/abitanti)*, all'incirca di 43×10^{15} sej/ab, risulta maggiore nell'area pedemontana ed è imputabile al considerevole flusso di R ed N, in rapporto alla contenuta densità abitativa (173 ab/km²).

Il *rapporto di impatto ambientale* o grado di sostenibilità $((N+F)/R)$ indica che, per ogni unità emergetica rinnovabile, se ne consumano 49 non rinnovabili: una situazione che, nel medio-lungo periodo, può divenire allarmante in termini di carico sul territorio.

Dal *rapporto di investimento eMergetico (F/(R+N))*, uguale a 0,6, si desume che, per ogni unità eMergetica locale, solo lo 0,6 è importata: questo non significa comunque che la provincia goda di autonomia produttiva quanto piuttosto che si verifica un dispendio di minerali locali. Se il valore superiore all'unità dell'area calatina (1,1) la identifica tra gli utilizzatori di eMergia netta altrui, il dato, prossimo allo zero (0,3), relativo all'area pedemontana, si interpreta osservando che, interventi mirati al completamento della intera filiera agro-alimentare per la conservazione e trasformazione di prodotti tipici, potrebbero essere proficui, perché basati sulla valorizzazione delle abbondanti risorse locali.

| ANALISI EMERGETICA DELLA PROVINCIA DI CATANIA (2006) ^o | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------|-------|-----------|--------------|------------|--------------------------------|----------|-------|-----------|-------|---|-----------|----------|--------|-----------|
| INPUT | QUANTITÀ | | | | Transformity | RIF. BIBL. | EMERZIA (10 ¹⁸ sei) | | | | | | | | | |
| | A. M. | A. P. | A. C. | PROVINCIA | | | A. M. | A. P. | A. C. | PROVINCIA | | | | | | |
| RISORSE LOCALI RINNOVABILI (R) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Energia solare | 5,02E+18 | J | 5,04E+18 | J | 7,26E+18 | J | 1,73E+19 | J | 1,00E+00 | sej/J | A | 5,02 | 5,04 | 7,26 | 17,31 |
| 2 | Pioggia | 3,82E+14 | g | 3,56E+14 | g | 3,42E+14 | g | 1,08E+15 | g | 1,45E+05 | sej/g | A | 55,34 | 51,59 | 49,66 | 156,59 |
| 3 | Vento | 8,63E+15 | J | 9,50E+15 | J | 1,41E+16 | J | 3,22E+16 | J | 2,45E+03 | sej/J | A | 21,13 | 23,27 | 34,45 | 78,85 |
| 4 | Onde | 1,05E+16 | J | 4,69E+15 | J | 0,00E+00 | J | 1,52E+16 | J | 5,10E+04 | sej/J | A | 537,96 | 239,09 | 0,00 | 777,05 |
| 5 | Maree | 8,74E+13 | J | 2,09E+13 | J | 0,00E+00 | J | 1,08E+14 | J | 7,39E+04 | sej/J | A | 6,46 | 1,55 | 0,00 | 8,00 |
| 6 | Calore geotermico | 2,82E+15 | J | 3,97E+15 | J | 9,31E+14 | J | 8,17E+15 | J | 1,20E+04 | sej/J | A | 33,87 | 47,61 | 11,17 | 92,65 |
| RISERVE LOCALI NON RINNOVABILI (N) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Calcare | 2,57E+11 | g | 0,00E+00 | g | 1,19E+11 | g | 3,76E+11 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 431,41 | 0,00 | 200,10 | 631,51 |
| 8 | Lava e basalto | 2,33E+12 | g | 9,31E+11 | g | 0,00E+00 | g | 3,26E+12 | g | 7,56E+09 | sej/g | B | 17.625,58 | 7.040,76 | 0,00 | 24.666,34 |
| 9 | Argilla | 1,03E+11 | g | 0,00E+00 | g | 0,00E+00 | g | 1,03E+11 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 173,39 | 0,00 | 0,00 | 173,39 |
| 10 | Tufo vulcanico | 1,90E+10 | g | 0,00E+00 | g | 1,30E+11 | g | 1,49E+11 | g | 7,56E+09 | sej/g | B | 143,64 | 0,00 | 984,34 | 1.127,98 |
| 11 | Arenaria | 0,00E+00 | g | 3,16E+10 | g | 0,00E+00 | g | 3,16E+10 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 0,00 | 53,02 | 0,00 | 53,02 |
| 12 | Gesso | 0,00E+00 | g | 0,00E+00 | g | 4,62E+10 | g | 4,62E+10 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 0,00 | 0,00 | 77,63 | 77,63 |
| 13 | Calcarenite | 1,20E+11 | g | 0,00E+00 | g | 4,10E+10 | g | 1,61E+11 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 201,60 | 0,00 | 68,88 | 270,48 |
| 14 | Erosione del suolo | 2,13E+13 | J | 1,15E+13 | J | 1,07E+14 | J | 1,40E+14 | J | 1,24E+05 | sej/J | A | 2,64 | 1,42 | 13,28 | 17,35 |
| 15 | Consumi idrici | 1,17E+14 | g | 2,44E+13 | g | 1,96E+13 | g | 1,61E+14 | g | 1,95E+06 | sej/g | C | 228,14 | 47,64 | 38,15 | 313,92 |
| RISERVE DI ENERGIA UTILIZZATE (F₁) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Energia idroelettrica | 1,22E+14 | J | 2,39E+14 | J | 0,00E+00 | J | 3,61E+14 | J | 5,47E+04 | sej/J | D | 6,68 | 13,08 | 0,00 | 19,76 |
| 17 | Energia eolica | 0,00E+00 | J | 0,00E+00 | J | 4,77E+14 | J | 4,77E+14 | J | 2,70E+04 | sej/J | D | 0,00 | 0,00 | 12,89 | 12,89 |
| 18 | Energia elettrica importata | 9,35E+15 | J | 1,27E+15 | J | 7,84E+14 | J | 1,14E+16 | J | 2,05E+05 | sej/J | D | 1.916,75 | 260,65 | 160,66 | 2.338,06 |
| 19 | Combustibili autotrazione | 1,89E+16 | J | 4,23E+15 | J | 2,89E+15 | J | 2,60E+16 | J | 1,11E+05 | sej/J | E | 2.094,94 | 469,87 | 320,44 | 2.885,25 |
| 20 | Gasolio | 1,07E+15 | J | 6,73E+14 | J | 1,30E+15 | J | 3,04E+15 | J | 1,11E+05 | sej/J | E | 118,35 | 74,73 | 144,11 | 337,18 |
| 21 | Olio combustibile | 5,39E+14 | J | 8,42E+13 | J | 5,61E+13 | J | 6,80E+14 | J | 9,30E+04 | sej/J | F | 50,17 | 7,83 | 5,22 | 63,23 |
| 22 | GPL | 1,56E+15 | J | 3,88E+14 | J | 3,06E+14 | J | 2,26E+15 | J | 9,30E+04 | sej/J | F | 145,21 | 36,10 | 28,49 | 209,80 |
| 23 | Gas naturale | 4,78E+15 | J | 1,05E+15 | J | 8,12E+14 | J | 6,64E+15 | J | 7,44E+04 | sej/J | F | 355,56 | 78,17 | 60,44 | 494,17 |

^oCon la notazione E+18 si intende 10¹⁸

Tab. 3.3 – Valutazione dei flussi eMergetici di R, N ed F₁ della Provincia di Catania (anno 2006)

ANALISI EMERGETICA DELLA PROVINCIA DI CATANIA (2006) (continua)

| INPUT | QUANTITÀ | | | | | | | | | | RIF. BIBL. | EMERGIA (10 ¹⁸ sei) | | | | |
|--|--|----------|-------|----------|-------|----------|-----------|----------|--------------|----------|------------|--------------------------------|----------|--------|-----------|----------|
| | A. M. | | A. P. | | A. C. | | PROVINCIA | | TRANSFORMITY | | | A. M. | A. P. | A. C. | PROVINCIA | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RISORSE IMPORTATE (F₂) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGRICOLTURA E SILVICOLTURA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Cereali | 7,86E+14 | J | 1,91E+14 | J | 1,53E+14 | J | 1,13E+15 | J | 2,67E+05 | sej/J | G | 209,92 | 51,03 | 40,86 | 301,81 |
| 25 | Oleaginosi | 5,10E+13 | J | 1,24E+13 | J | 9,93E+12 | J | 7,33E+13 | J | 1,33E+06 | sej/J | G | 67,80 | 16,48 | 13,20 | 97,47 |
| 26 | Altri seminativi | 2,79E+14 | J | 6,79E+13 | J | 5,44E+13 | J | 4,02E+14 | J | 1,75E+05 | sej/J | G | 48,81 | 11,87 | 9,50 | 70,18 |
| 27 | Ortaggi | 1,42E+12 | J | 3,45E+11 | J | 2,76E+11 | J | 2,04E+12 | J | 1,75E+05 | sej/J | G | 0,25 | 0,06 | 0,05 | 0,36 |
| 28 | Fiori e piante | 7,99E+09 | g | 1,94E+09 | g | 1,56E+09 | g | 1,15E+10 | g | 4,74E+09 | sej/g | H | 37,86 | 9,20 | 7,37 | 54,44 |
| 29 | Semi e prodotti dell'orticoltura specializzata | 2,62E+06 | g | 6,37E+05 | g | 5,10E+05 | g | 3,77E+06 | g | 4,74E+09 | sej/g | H | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 30 | Agumi | 3,54E+12 | J | 8,61E+11 | J | 6,90E+11 | J | 5,09E+12 | J | 6,42E+05 | sej/J | G | 2,27 | 0,55 | 0,44 | 3,27 |
| 31 | Altra frutta | 5,44E+13 | J | 1,32E+13 | J | 1,06E+13 | J | 7,82E+13 | J | 4,83E+05 | sej/J | G | 26,26 | 6,38 | 5,11 | 37,76 |
| ALLEVAMENTI ZOOTECNICI E PESCA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Allevamenti zootecnici | 5,34E+12 | J | 4,34E+12 | J | 3,61E+12 | J | 1,33E+13 | J | 5,33E+06 | sej/J | G | 28,42 | 23,09 | 19,21 | 70,72 |
| 33 | Prodotti dell'apicoltura | 0,00E+00 | g | 1,04E+08 | g | 0,00E+00 | g | 1,04E+08 | g | 1,85E+09 | sej/g | I | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,19 |
| 34 | Prodotti della silvicoltura | 9,23E+09 | g | 2,90E+09 | g | 2,41E+09 | g | 1,45E+10 | g | 1,68E+08 | sej/g | L | 1,55 | 0,49 | 0,40 | 2,44 |
| 35 | Pesci e prodotti della pesca | 2,76E+12 | J | 6,71E+11 | J | 5,38E+11 | J | 3,97E+12 | J | 3,36E+06 | sej/J | L | 9,28 | 2,26 | 1,81 | 13,34 |
| ESTRAZIONE DI MINERALI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Metalliferi | 1,44E+10 | g | 1,48E+08 | g | 1,15E+09 | g | 1,56E+10 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 24,11 | 0,25 | 1,93 | 26,29 |
| 37 | Non metalliferi e non energetici | 6,94E+10 | g | 1,92E+10 | g | 2,42E+10 | g | 1,13E+11 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 116,52 | 32,33 | 40,69 | 189,53 |
| 38 | Combustibili solidi | 1,04E+14 | J | 1,08E+12 | J | 8,37E+12 | J | 1,14E+14 | J | 6,70E+04 | sej/J | M | 7,00 | 0,07 | 0,56 | 7,63 |
| INDUSTRIE MANIFATTURIERE | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Derrate alimentari e bevande | 4,53E+14 | J | 9,25E+13 | J | 7,24E+13 | J | 6,18E+14 | J | 5,33E+06 | sej/J | M | 2.410,70 | 492,78 | 385,62 | 3.289,11 |
| 40 | Prodotti tessili e abbigliamento | 3,28E+13 | J | 1,49E+13 | J | 4,46E+12 | J | 5,22E+13 | J | 6,38E+06 | sej/J | N | 209,53 | 95,35 | 28,46 | 333,34 |
| 41 | Pelli e cuoio | 2,40E+13 | J | 5,25E+11 | J | 1,75E+11 | J | 2,47E+13 | J | 1,44E+07 | sej/J | N | 347,03 | 7,58 | 2,53 | 357,14 |
| 42 | Prodotti in legno e sughero | 6,77E+14 | J | 1,86E+14 | J | 1,73E+14 | J | 1,04E+15 | J | 5,86E+04 | sej/J | O | 39,69 | 10,90 | 10,14 | 60,73 |
| 43 | Prodotti di carta | 6,93E+10 | g | 2,05E+10 | g | 1,32E+09 | g | 9,11E+10 | g | 6,55E+09 | sej/g | L | 453,82 | 134,42 | 8,63 | 596,87 |
| 44 | Prodotti dell'editoria e della stampa | 1,35E+08 | g | 1,11E+07 | g | 9,98E+06 | g | 1,56E+08 | g | 6,55E+09 | sej/g | L | 0,88 | 0,07 | 0,07 | 1,02 |
| 45 | Prodotti chimici e fibre sintetiche | 1,23E+11 | g | 8,36E+08 | g | 5,02E+09 | g | 1,29E+11 | g | 6,38E+08 | sej/g | P | 78,30 | 0,53 | 3,20 | 82,03 |
| 46 | Articoli in gomma e materie plastiche | 5,96E+09 | g | 8,57E+07 | g | 8,07E+08 | g | 6,86E+09 | g | 7,22E+09 | sej/g | P | 43,06 | 0,62 | 5,83 | 49,50 |
| 47 | Lavoraz. di minerali non metalliferi e non | 8,11E+10 | g | 2,25E+10 | g | 2,83E+10 | g | 1,32E+11 | g | 3,68E+09 | sej/g | Q | 298,50 | 82,81 | 104,24 | 485,55 |
| 48 | Metalli e prodotti in metallo | 3,76E+11 | g | 5,43E+09 | g | 3,06E+10 | g | 4,12E+11 | g | 3,33E+09 | sej/g | B | 1.252,41 | 18,08 | 101,92 | 1.372,41 |
| 49 | Apparecch. meccaniche ed elettroniche | 3,28E+11 | g | 1,07E+10 | g | 6,45E+09 | g | 3,45E+11 | g | 1,13E+10 | sej/g | P | 3.702,25 | 120,81 | 72,91 | 3.895,97 |
| 50 | Altri manufatti | 2,87E+09 | g | 2,16E+08 | g | 9,46E+07 | g | 3,18E+09 | g | 3,33E+09 | sej/g | B | 9,54 | 0,72 | 0,32 | 10,58 |

Tab. 3.4 – Valutazione dei flussi eMergetici di F₂ della Provincia di Catania (anno 2006)

| ANALISI EMERGETICA DELLA PROVINCIA DI CATANIA (2006) (continua) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|--------------|------------|--------------------------------|---|----------|--------|--------|----------|
| INPUT | QUANTITA | | | | | | | | TRANSFORMITY | RIF. BIBL. | EMERGIA (10 ¹⁸ sei) | | | | | |
| | A. M. | A. P. | A. C. | PROVINCIA | A. M. | A. P. | A. C. | PROVINCIA | | | | | | | | |
| RISORSE ESPORTATE (E) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGRICOLTURA E SILVICOLTURA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Cereali | 1,68E+14 | J | 4,09E+13 | J | 3,28E+13 | J | 2,42E+14 | J | 2,67E+05 | sej/J | G | 44,99 | 10,94 | 8,76 | 64,68 |
| 52 | Oleaginosi | 3,81E+13 | J | 5,00E+12 | J | 3,28E+13 | J | 7,58E+13 | J | 1,33E+06 | sej/J | G | 50,57 | 6,65 | 43,57 | 100,79 |
| 53 | Altri seminativi | 9,25E+13 | J | 2,25E+13 | J | 1,80E+13 | J | 1,33E+14 | J | 1,75E+05 | sej/J | G | 16,17 | 3,93 | 3,15 | 23,25 |
| 54 | Ortaggi | 3,12E+12 | J | 7,59E+11 | J | 6,08E+11 | J | 4,49E+12 | J | 1,75E+05 | sej/J | G | 0,55 | 0,13 | 0,11 | 0,78 |
| 55 | Fiori e piante | 1,92E+10 | g | 4,66E+09 | g | 3,73E+09 | g | 2,76E+10 | g | 4,74E+09 | sej/g | H | 90,88 | 22,09 | 17,69 | 130,66 |
| 56 | Uve | 4,80E+13 | g | 1,17E+13 | g | 9,34E+12 | g | 6,90E+13 | g | 5,73E+05 | sej/J | G | 27,48 | 6,68 | 5,35 | 39,51 |
| 57 | Agrumi | 3,41E+13 | J | 8,29E+12 | J | 6,64E+12 | J | 4,90E+13 | J | 6,42E+05 | sej/J | G | 21,90 | 5,32 | 4,26 | 31,48 |
| 58 | Altra frutta | 1,53E+13 | J | 3,72E+12 | J | 2,98E+12 | J | 2,20E+13 | J | 4,83E+05 | sej/J | G | 7,39 | 1,80 | 1,44 | 10,63 |
| ALLEVAMENTI ZOOTECNICI E PESCA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | Prodotti della silvicoltura | 4,27E+09 | g | 1,34E+09 | g | 1,11E+09 | g | 6,72E+09 | g | 1,68E+08 | sej/g | L | 0,72 | 0,23 | 0,19 | 1,13 |
| 60 | Pesci e prodotti della pesca | 5,34E+12 | J | 1,30E+12 | J | 1,04E+12 | J | 7,68E+12 | J | 3,36E+06 | sej/J | L | 17,94 | 4,36 | 3,49 | 25,79 |
| ESTRAZIONE DI MINERALI | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Metalliferi | 1,08E+10 | g | 1,11E+08 | g | 8,62E+08 | g | 1,17E+10 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 18,08 | 0,19 | 1,45 | 19,72 |
| 62 | Non metalliferi e non energetici | 4,89E+10 | g | 1,36E+10 | g | 1,71E+10 | g | 7,95E+10 | g | 1,68E+09 | sej/g | A | 82,10 | 22,78 | 28,67 | 133,55 |
| 63 | Combustibili solidi | 7,76E+13 | J | 8,02E+11 | J | 6,21E+12 | J | 8,46E+13 | J | 6,70E+04 | sej/J | M | 5,20 | 0,05 | 0,42 | 5,67 |
| INDUSTRIE MANIFATTURIERE | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | Derrate alimentari e bevande | 2,93E+14 | J | 5,98E+13 | J | 4,68E+13 | J | 3,99E+14 | J | 5,33E+06 | sej/J | M | 1.557,93 | 318,46 | 249,21 | 2.125,61 |
| 65 | Prodotti tessili e abbigliamento | 7,55E+12 | J | 8,90E+12 | J | 6,95E+11 | J | 1,71E+13 | J | 6,38E+06 | sej/J | N | 48,19 | 56,79 | 4,44 | 109,41 |
| 66 | Pelli e cuoio | 4,90E+12 | J | 1,07E+11 | J | 3,55E+10 | J | 5,04E+12 | J | 1,44E+07 | sej/J | N | 70,80 | 1,54 | 0,51 | 72,85 |
| 67 | Prodotti in legno e sughero | 1,61E+14 | J | 3,11E+13 | J | 4,03E+13 | J | 2,32E+14 | J | 5,86E+04 | sej/J | O | 9,43 | 1,82 | 2,36 | 13,61 |
| 68 | Prodotti di carta | 3,00E+10 | g | 8,87E+09 | g | 5,70E+08 | g | 3,94E+10 | g | 6,55E+09 | sej/g | L | 196,25 | 58,13 | 3,73 | 258,12 |
| 69 | Prodotti dell'editoria e della stampa | 7,04E+07 | g | 5,78E+06 | g | 5,21E+06 | g | 8,14E+07 | g | 6,55E+09 | sej/g | L | 0,46 | 0,04 | 0,03 | 0,53 |
| 70 | Prodotti chimici e fibre sintetiche | 5,89E+10 | g | 4,01E+08 | g | 2,41E+09 | g | 6,17E+10 | g | 6,38E+08 | sej/g | P | 37,57 | 0,26 | 1,54 | 39,36 |
| 71 | Articoli in gomma e materie plastiche | 2,74E+09 | g | 3,94E+07 | g | 3,71E+08 | g | 3,15E+09 | g | 7,22E+09 | sej/g | P | 19,80 | 0,28 | 2,68 | 22,77 |
| 72 | Lavoraz. di minerali non metalliferi e non | 5,04E+10 | g | 1,40E+10 | g | 1,76E+10 | g | 8,20E+10 | g | 3,68E+09 | sej/g | Q | 185,62 | 51,50 | 64,82 | 301,93 |
| 73 | Metalli e prodotti in metallo | 1,43E+11 | g | 2,62E+09 | g | 1,18E+10 | g | 1,58E+11 | g | 3,33E+09 | sej/g | B | 477,57 | 8,72 | 39,43 | 525,72 |
| 74 | Apparecch. meccaniche ed elettroniche | 1,05E+11 | g | 3,43E+09 | g | 2,07E+09 | g | 1,11E+11 | g | 1,13E+10 | sej/g | P | 1.187,19 | 38,74 | 23,38 | 1.249,31 |
| 75 | Altri manufatti | 9,90E+08 | g | 7,47E+07 | g | 3,27E+07 | g | 1,10E+09 | g | 3,33E+09 | sej/g | B | 3,30 | 0,25 | 0,11 | 3,65 |

Tab. 3.5 - Valutazione dei flussi emergetici di E della provincia di Catania (anno 2006)

| INDICATORI EMERGETICI | | U. di misura | A. M. | A. P. | A. C. | CATANIA |
|--|--|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| Anno di riferimento | | | 2006 | | | |
| Superficie territoriale | | (km ²) | 952 | 1.048 | 1.552 | 3.552 |
| Popolazione | | | 748.152 | 181.863 | 145.642 | 1.075.657 |
| PIL pro capite | | (€/ab) | | | | 16.591 |
| Risorse locali rinnovabili | R | (10 ¹⁸ sej) | 578 (voci: 4+5+6) | 288 (voci: 4+5+6) | 61 (voci: 2+6) | 927 |
| Riserve locali non rinnovabili | N | (10 ¹⁸ sej) | 18.806 (voci: 7+15) | 7.143 (voci: 7+15) | 1.382 (voci: 7+15) | 27.332 |
| Totale Risorse locali | L = R+N | (10 ¹⁸ sej) | 19.385 | 7.431 | 1.443 | 28.259 |
| Riserve di energia utilizzate | F₁ | (10 ¹⁸ sej) | 4.681 (voci: 18+23) | 927 (voci: 18+23) | 719 (voci: 18+23) | 6.328 |
| Risorse importate | F₂ | (10 ¹⁸ sej) | 9.426 (voci: 24+50) | 1.119 (voci: 24+50) | 865 (voci: 24+50) | 11.410 |
| Totale Risorse importate | F = F₁ + F₂ | (10 ¹⁸ sej) | 14.107 | 2.046 | 1.584 | 17.737 |
| Totale Risorse utilizzate | U = R+N+F | (10 ¹⁸ sej) | 33.491 | 9.477 | 3.028 | 45.996 |
| Risorse esportate | E | (10 ¹⁸ sej) | 4.178 (voci: 51+75) | 622 (voci: 51+75) | 511 (voci: 51+75) | 5.311 |
| Densità eMergetica | U/area | (10 ¹⁸ sej/km ²) | 35,18 | 9,04 | 1,95 | 12,95 |
| EMergia pro capite | U/abitanti | (10 ¹⁵ sej/ab) | 44,77 | 52,11 | 20,79 | 42,76 |
| Rapporto di impatto ambientale | (N+F)/R | | 57 | 32 | 49 | 49 |
| Rapporto di investimento eMergetico | F/(R+N) | | 0,7 | 0,3 | 1,1 | 0,6 |
| Rendimento eMergetico | U/F | | 2,37 | 4,63 | 1,91 | 2,59 |
| Risorse esportate/Risorse importate | E/F | (%) | 30% | 30% | 32% | 30% |

Tab. 3.6 - Principali risultati dell'Analisi EMergetica nella provincia di Catania (anno 2006)

Dal confronto con le analisi condotte da altri autori per altre quattro province italiane, Bologna, Cagliari, Pescara e Siena, i cui principali risultati sono stati riportati nella tabella 3.7, relative ciascuna ad un singolo anno intercorso tra il 1999 e il 2002, si deducono per Catania prestazioni degli indici inferiori al livello medio. In particolare, i consumi eMergetici di Bologna, pur essendo il suo territorio comparabile a quello etneo per estensione, popolazione e densità eMergetica (13×10^{18} sej/km²), confluiscono nelle voci di F₂ (28.560×10^{18} sej) ed E (18.736×10^{18} sej), a dimostrazione dell'attiva presenza dell'industria manifatturiera, soprattutto meccanica, alimentare e tessile, dove lavora il maggior numero di popolazione attiva (36%).

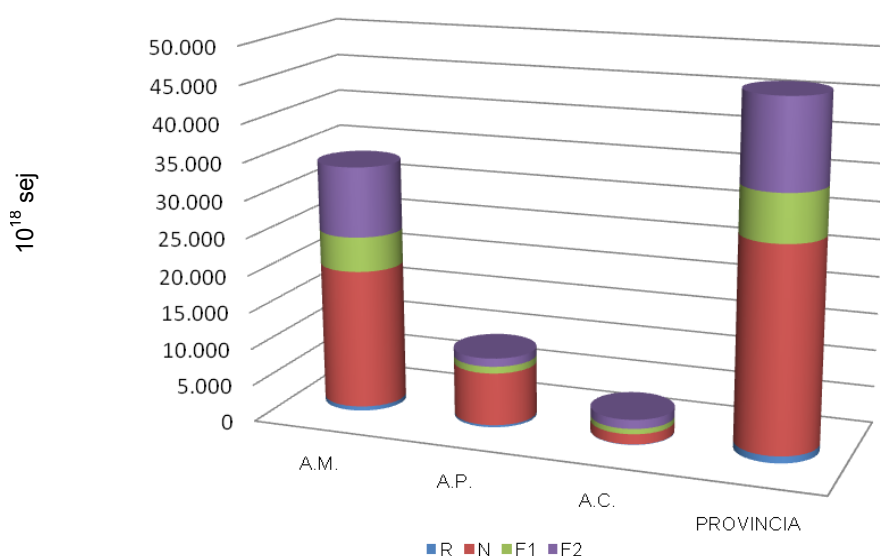


Fig. 3.15 – *Istogramma delle risorse utilizzate nella provincia di Catania (anno 2006)*

Il raffronto tra le risorse consumate, U, e la ricchezza monetaria prodotta, PIL, espresso in prezzi dell'anno base 2006, ha determinato per Catania il valore di 259 sej/€, poco più del valore medio calcolato negli altri quattro casi esaminati. Essendosi collocata tra le ultime province italiane per reddito procapite, nell'intervallo temporale 2001-2006 (UnionCamere), tale risultato è sintomatico di una struttura eMergeticamente poco efficiente.

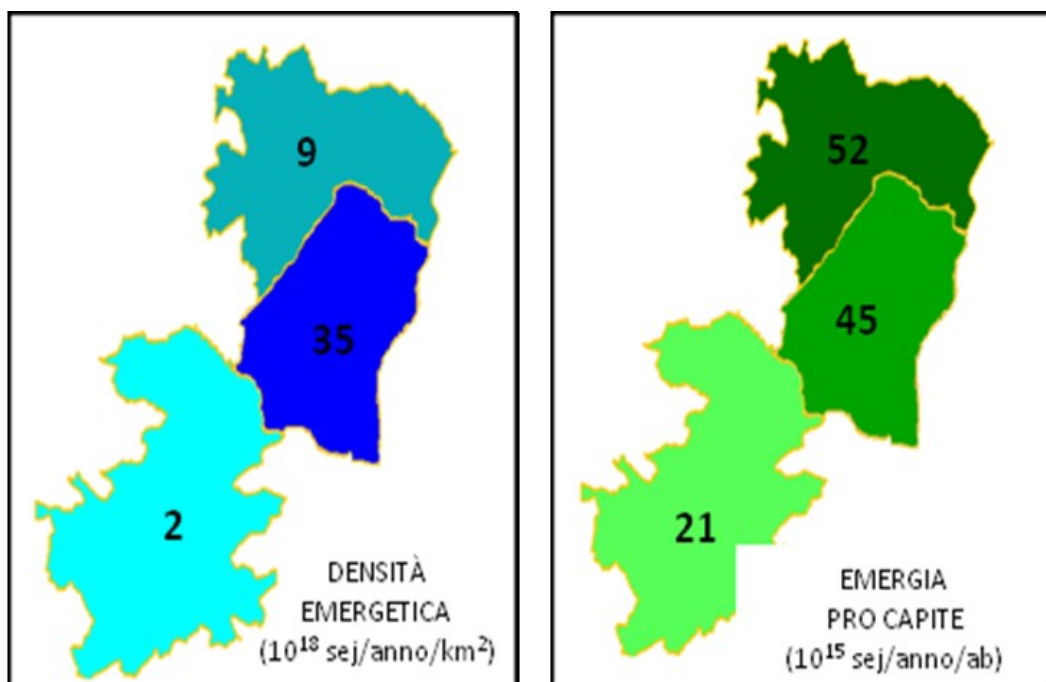


Fig. 3.16 – Mappa dei valori della densità eMergetica e dell'eMergia pro capite nella provincia di Catania (anno 2006)

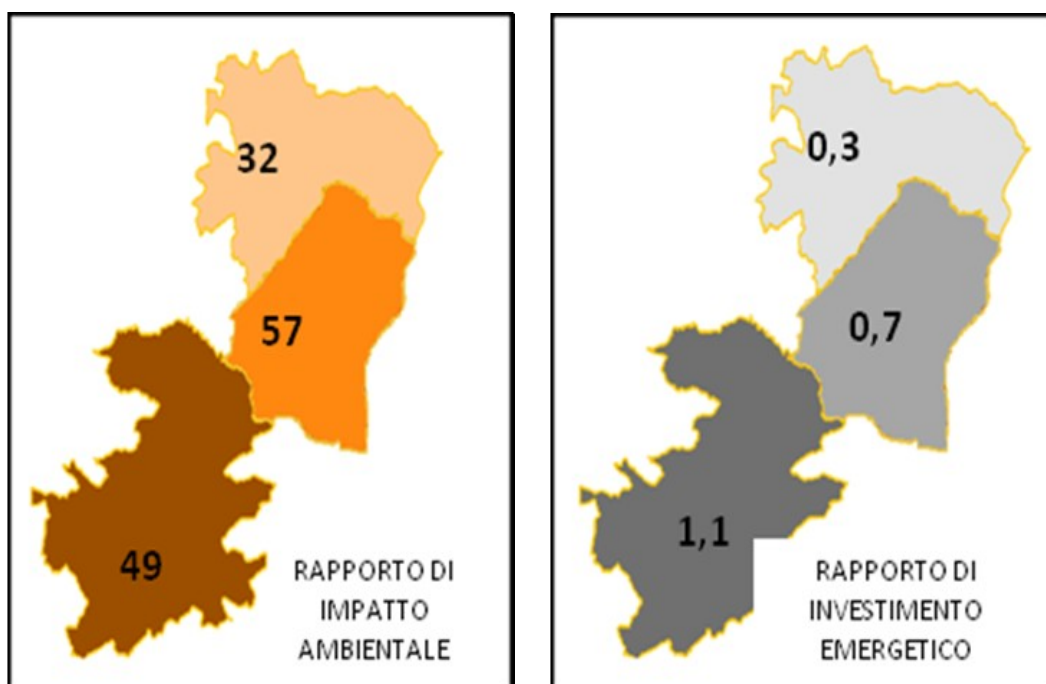


Fig. 3.17 – Mappa dei valori del rapporto di impatto ambientale e del rapporto di investimento eMergetico nella provincia di Catania (anno 2006)

| INDICATORI EMERGETICI | U. di misura | Catania | Bologna | Cagliari | Pescara | Siena |
|-----------------------------------|--|-----------|---------|----------|---------|---------|
| Anno di riferimento | | 2006 | 1999 | 2002 | 2001 | 2000 |
| Superficie territoriale | (km ²) | 3.552 | 534 | 3.703 | 3.821 | 6.895 |
| Popolazione | | 1.075.657 | 917.110 | 760.311 | 295.481 | 252.829 |
| PIL pro capite (anno corrente) | (€/ab) | 16.591 | 23.910 | 17.793 | 18.924 | 24.100 |
| Risorse loc. rinnovabili | R (10 ¹⁸ sej) | 927 | 531 | 1.160 | 174 | 858 |
| Riserve loc. non rinnovabili | N (10 ¹⁸ sej) | 27.332 | 7.615 | 13.100 | 8.656 | 6.030 |
| Totale Risorse locali | L = R+N (10 ¹⁸ sej) | 28.259 | 8.146 | 14.260 | 8.830 | 6.888 |
| Riserve di energia utilizzate | F ₁ (10 ¹⁸ sej) | 6.328 | 10.975 | 5.940 | 2.238 | 1.730 |
| Risorse importate | F ₂ (10 ¹⁸ sej) | 11.413 | 28.560 | 37.000 | 7.663 | 1.980 |
| Tot. Risorse importate | F = F ₁ +F ₂ (10 ¹⁸ sej) | 17.740 | 39.535 | 42.940 | 9.901 | 3.710 |
| Tot. Risorse utilizzate | U = R+N+F (10 ¹⁸ sej) | 45.999 | 47.681 | 57.200 | 18.731 | 10.598 |
| Risorse esportate | E (10 ¹⁸ sej) | 5.311 | 18.736 | n.r. | 7.985 | 2.610 |
| Densità eMergetica | U/area (10 ¹⁸ sej/km ²) | 12,95 | 12,8 | 8,3 | 13,4 | 2,77 |
| EMergia pro capite | U/abitanti (10 ¹⁵ sej/ab) | 42,76 | 51,7 | 75,23 | 63,39 | 0,04 |
| R. di impatto ambientale | (F+N)/R | 49 | 89 | 48 | 106 | 11 |
| R. investimento eMergetico | F/(R+N) | 0,6 | 4,9 | 3 | 1,2 | 0,5 |
| Rendimento eMergetico | U/F | 2,58 | 1,21 | 1,33 | 1,89 | 2,86 |
| U/PIL (anno base 2006) | (sej/€) | 259 | 186 | 390 | 302 | 153 |
| Esportazioni/ Importazioni | E/F (%) | 29% | 47% | n.r. | 81% | 70% |

Tab. 3.7 - *Raffronto dei principali risultati delle Analisi EMergetiche di alcune province italiane*

CAPITOLO 4. Misure di intervento nella provincia catanese

4.1 Introduzione

Camagni, Capello, Nijkamp (1998)¹⁹⁶ considerano sostenibile la città nella quale la totalità delle esternalità positive scaturite dalle interazioni tra le sue tre dimensioni, fisica (naturale e costruito), sociale ed economica (Fig. 4.1), supera la somma di quelle negative. Per quanto riguarda l'ambito fisico, essi ritengono che tale obiettivo, intra ed intergenerazionale, possa conseguirsi mediante interventi di breve e di lungo periodo, finalizzati complessivamente ad una riduzione dei consumi di energia e materia. Il primo tipo di provvedimenti consiste nella correzione del puro mercato con l'introduzione di incentivi, tasse, sussidi, prezzi discriminatori, regolamenti, ecc.

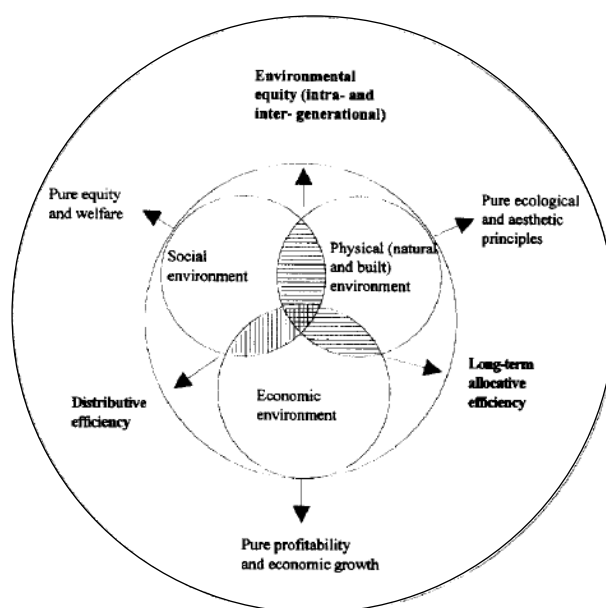


Fig. 4.1 – Schema dei principi e politiche di sostenibilità (Camagni et al., 1998)

Rientrano tra gli interventi di lungo periodo sia la diffusione di innovazioni tecnologiche applicate ad infrastrutture e mezzi di trasporto, alle modalità di approvvigionamento energetico e, in generale, ad un uso efficiente dell'energia, ecc. che l'attuazione di processi pianificatori mirati ad individuare per la città le ottimali conformazioni planimetriche e distribuzioni funzionali.

In conformità a tale ragionamento Fusco Girard e Nijkamp (2004) individuano nel miglioramento delle tecnologie energetiche esistenti,

¹⁹⁶ Camagni R., Capello R., Nijkamp P. (1998), *Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus*, pp. 103-118.

optando per quelle rinnovabili e non fossili, una delle soluzioni per ridurre l'inquinamento ambientale¹⁹⁷. Tra gli interventi "a valle" dei processi produttivi e di consumo i due autori suggeriscono il riciclo e la rigenerazione dei materiali per conservare il patrimonio di risorse naturali. Essi sostengono, però, che occorre soprattutto agire "a monte", "allo scopo di ridurre:

- 1) la quantità di energia consumata nel sistema produttivo;
- 2) i movimenti di beni, persone, materiali;
- 3) il consumo del suolo/territorio/risorse naturali e, quindi, la produzione di rifiuti".

Di conseguenza ciò comporta dei cambiamenti:

- "nel settore della mobilità e dei trasporti (sistemi integrati/intermodali), con nuove tecnologie caratterizzate da consumi minimi (...);
- nell'uso delle risorse naturali, idriche, territoriali: riduzione dello *sprawl*, conservazione del patrimonio esistente, delle aree protette e, soprattutto, riforestazione ed uso multifunzionale del territorio;
- nella produzione e manutenzione edilizia (abitazioni ecologiche e sostenibili, bioarchitettura, case "passive") ed infrastrutturale"¹⁹⁸.

In conformità a tale ragionamento, per migliorare le prestazioni eMergetiche della provincia catanese, propongo, tra le misure da introdurre:

- a) oltre al monitoraggio delle cave, il recupero ambientale di quelle dismesse e il riutilizzo dei materiali estratti;
- b) la razionalizzazione della domanda di energia attraverso interventi di risparmio energetico e, dal lato dell'offerta, l'incremento della produzione di elettricità da fonti alternative¹⁹⁹;
- c) la riduzione dei consumi di combustibili per autotrazione mediante l'incentivazione al trasporto pubblico;
- d) processi di trasformazione urbana e territoriale che tendano all'azzeramento di ulteriore consumo di suolo. Occorre, cioè, prediligere il risanamento e la densificazione dei quartieri degradati della città consolidata, in special modo nell'ambito dell'area metropolitana, piuttosto che l'ulteriore ampliamento del perimetro urbano catanese e dei comuni contermini, al fine di sottrarre aree agricole e naturali alla campagna limitrofa e contenere l'impiego di materiali da costruzione.

¹⁹⁷ Fusco Girard L. Nijkamp P. (2004), *Energia, bellezza, partecipazione: la sfida della sostenibilità*, p. 16.

¹⁹⁸ Ibidem, p. 16.

¹⁹⁹ Una prima approssimata stima riportata nella relazione del piano energetico provinciale prevede per l'intero territorio siciliano un potenziale installabile per l'eolico di oltre 1.500 MW pari a una generazione di oltre 3.500 GWh/anno, all'incirca uguale al fabbisogno dell'intera provincia catanese (3.170 GWh) (Provincia regionale di Catania (2007), *Piano energetico*, Catania).

Questi interventi, che scaturiscono dalla lettura delle voci più emergenti dell'analisi, mirano all'annullamento degli sprechi di riserve naturali non rinnovabili.

Il depauperamento del capitale naturale, insieme all'immissione nella biosfera di rifiuti solidi, liquidi e gassosi (che si manifestano nelle varie forme dell'inquinamento), sono la diretta conseguenza del consumo parossistico di merci e servizi tipico del modo di produzione capitalistico e rappresentano le due emergenze ambientali da risolvere. "Proprio per questo motivo - sostiene Tiezzi (2002)²⁰⁰ - è importante mettere in atto delle politiche di riduzione dei consumi energetici, di massimizzazione delle efficienze produttive e di utilizzo sempre massiccio delle fonti energetiche di tipo rinnovabile presenti nel territorio".

Come già rimarcato nei precedenti capitoli, la metodologia di H. T. Odum costituisce uno degli strumenti valutativi più adeguati tra quelli noti in letteratura poiché, innanzitutto, è in grado di differenziare, tramite il calcolo delle transformity, le risorse usate in base al livello di qualità dei flussi di energia ad esse associate. Quanto alla quota di rifiuti ed emissioni rilasciate in ogni processo produttivo, vero è che l'Analisi EMergetica non la considera esplicitamente, se non in riferimento agli input necessari per smaltirli o limitarne l'impatto (come conferma il rapporto CESI²⁰¹) ma è anche vero che detta analisi, fondandosi su un approccio termodinamico, li valuta in termini di irreversibilità o scarti come differenza tra i flussi energetici entranti e quelli uscenti. Non da ultimo, costituisce un indubbio vantaggio la capacità di visualizzare efficacemente le rese dei processi di trasformazione adoperando una sola unità di misura, l'eMergia.

Nei due paragrafi successivi riporto alcune riflessioni scaturite dalla lettura di casi studio applicativi dell'Analisi EMergetica sui temi indicati nei punti a) e b). All'approfondimento del punto d) è dedicato l'intero capitolo successivo.

4.2 I materiali da cava

Come ho già osservato, commentando l'esito dell'Analisi EMergetica della provincia di Catania per l'anno 2006, il consumo delle riserve locali non rinnovabili (N), pari a 27.332×10^{18} sej/anno, è da attribuire in massima parte all'estrazione di materiali da cava impiegati come inerti nel settore edile. Si tratta principalmente di lave e basalti (24.666×10^{18} sej/anno) che superano il calcare, il calcarenite e l'argilla sia per quantità (3.262.744 tonnellate dei primi contro i 640.104 tonnellate dei secondi) che per transformity ($7,54 \times 10^9$ sej/g contro $1,68 \times 10^9$ sej/g). In tabella n. 4.1 riportiamo i principali dati inerenti l'attività estrattiva per l'anno 2006 fornitici dal Distretto minerario locale.

Le cave di lave e basalti sono ovviamente presenti solo nelle due aree metropolitana e pedemontana (Fig. 4.2) e la voce quantitativamente più rilevante riguarda la produzione di pietrisco direttamente in cava (rispettivamente pari a 1.586.411 e a 547.112 tonnellate).

²⁰⁰ Tiezzi E. (a cura di), (2002), *Analisi eMergetica della provincia*, p. 63.

²⁰¹ Bagnati T., Caruso C., Catenacci G., Cavicchioli C., Riva M., Sala F. (2001), *cit.*, p. 29.



Fig. 4.2 – Cava di pietra lavica alle pendici dell’Etna (Area pedemontana)

Per quanto riguarda il calcare, esso proviene perlopiù dai comuni di Catania (A. M.) (74.650 tonnellate da impiegare nella produzione di cemento e 182.141 tonnellate come tufo in conci) e di Castel di Judica (A. C.) (66.676 tonnellate per ottenere cemento e 35.395 tonnellate in pezzame). Le cave più produttive di calcarenite sono ubicate a Catania (120.000 tonnellate) e Catagirone (A. C.) (39.000 tonnellate). Il tufo vulcanico si estrae principalmente a Palagonia, Licodia Eubea e Vizzini (A. C.) (130.204 tonnellate). Infine l’argilla viene da Motta S. Anastasia e Paternò (A. M.) (103.207 tonnellate).

In termini eMergetici le cave rappresentano dei depositi di “capitale naturale”, ossia serbatoi creati dall’accumulo, in tempi geologici, di flussi energetici scaturiti, in ultima analisi, dalle tre primarie e autonome fonti rinnovabili: Sole, maree e calore geotermico. Le loro transformity vengono infatti determinate dividendo il budget annuale globale di eMergia (immessa dalle tre fonti succitate), stimato pari a $15,83 \times 10^{24}$ sej/anno, per il flusso globale di materiale che, si prevede, si produce annualmente, avendo ottenuto quest’ultimo dal rapporto tra la quantità totale stimata, immagazzinata nel serbatoio, e il suo tempo di rigenerazione. Ad esempio, per le lave e basalti H. T. Odum ha così calcolato²⁰²:

$$\text{Transformity di lave} = \frac{\text{budget annuale globale}}{\text{flusso globale annuale}} = \frac{15,83 \times 10^{24} \text{ sej/ anno}}{0,21 \times 10^{16} \text{ g/ anno}} = 7,54 \times 10^9 \text{ sej/g}$$

²⁰² Odum H. T. (1996), *cit.*, pp. 40-45. Egli precisa che, per il dato sulla quantità totale, si è riferito a studi condotti da Ronov e Yaroshevsky (1969) e di Ronov (1982), mentre per il tempo di rigenerazione ha utilizzato stime effettuate da Veizer (1988; 1989).

| Aree | Comune | Arenaria | | Argilla | | Calcare | | | | Calcarenite | Gesso | Lava e basalto | | | | Tufo calcareo | | Tufo vulcanico | |
|--------|--------------------|----------|-----------|----------------------------|-------------|---------|-------------|-----------|------------------------------------|-------------|---------|----------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|--------|----------------|-----------|
| | | pezzame | pietrisco | per laterizi e terre cotte | per cemento | pezzame | per cemento | pietrisco | da macinazione per uso industriale | | | pezzame | da taglio e lavorato | pezzame | pietrisco | da taglio e lavorato | conci | pezzame | pietrisco |
| A.M. | Acì S. Antonio | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | |
| | Belpasso | | | | | | | | | | | 118.330 | 272.160 | 1.188.772 | | | | | |
| | Camporotondo | | | | | | | | | | | 130.880 | 110.000 | 71.560 | | | | | |
| | Catania | | | | | 74.650 | | | | 120.000 | | | | | | 182.141 | 19.000 | | |
| | Misterbianco | | | | | | | | | | | 2.160 | | 32.929 | | | | | |
| | Motta S. Anastasia | | | 77.207 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Nicolosi | | | | | | | | | | | 6.573 | | 84.460 | | | | | |
| | Paternò | | | 25.000 | | | | | | | | 102.800 | | 161.690 | | | | | |
| | S. Pietro Clarenza | | | | | | | | | | | 2.100 | | 47.000 | | | | | |
| Totale | | | 102.207 | 1.000 | | 74.650 | | | | 120.000 | 362.855 | 382.160 | 1.586.411 | | 182.141 | 19.000 | | | |
| A.P. | Adrano | | | | | | | | | | | 11.560 | 72.354 | 20.477 | | | | | |
| | Adria-Bronte | | | | | | | | | | | 15.700 | 86.275 | | | | | | |
| | Biancavilla | | | | | | | | | | | 11.200 | | 7.200 | | | | | |
| | Bronte | | | | | | | | | | | 2.500 | 54.000 | 256.000 | | | | | |
| | Castiglione | 11.560 | 20.000 | | | | | | | | | | 125.400 | | | | | | |
| | Mascalì | | | | | | | | | | | 9 | 2.268 | 659 | | | | | |
| | Milo | | | | | | | | | | | 2.140 | 800 | | | | | | |
| | Randazzo | | | | | | | | | | | | | 262.776 | | | | | |
| | Totale | 11.560 | 20.000 | | | | | | | | | 43.109 | 341.097 | 547.112 | | | | | |
| A.C. | Caltagirone | | | | | | | | | 39.000 | | | | | | | | | |
| | Castel di Judica | | | | | 35.395 | 66.676 | | | | | | | | | | | | |
| | Ganzaria | | | | | | 3.000 | | | | | | | | | | | | |
| | Licodia Eubea | | | | | | | | 8.000 | | | | | | | | 2.800 | 19.670 | |
| | Militello | | | | | | | | | 2.000 | | | | | 2.425 | 910 | | | |
| | Mineo | | | | | | | | | | 26.555 | | | | | | | | |
| | Palagonia | | | | | | | | | | | | | | | | 97.960 | | |
| | Raddusa | | | | | | | | | | 19.653 | | | | | | | | |
| | Vizzini | | | | | | 2.000 | | 500 | | | | | | | | 974 | 8.800 | |
| Totale | | | | | 35.395 | 71.676 | | 8.500 | 41.000 | 46.208 | | | | 2.425 | 910 | 101.734 | 28.470 | | |

Tab. 4.1 – Attività estrattiva nella provincia di Catania nell'anno 2006 (Distretto minerario della provincia di Catania)

essendo il flusso globale annuale pari a:

$$\text{Flussoglobale annuale} = \frac{\text{quantità totale}}{\text{tempo di rigenerazione}} = \frac{0,24 \times 10^{24} \text{ g}}{112 \times 10^6 \text{ anni}} = 0,21 \times 10^{16} \text{ g/anno}$$

Essi vengono classificati come “risorse ambientali non rinnovabili”²⁰³ giacché la società umana attinge ad essi ad una velocità superiore al loro tasso di rigenerazione, intaccandoli in modo irreversibile. Le soluzioni alla questione ci vengono suggerite osservando gli assetti organizzativi dei sistemi naturali che prevalgono nella competizione con gli altri: essi generano il massimo lavoro utilizzabile mediante azioni di rinforzo o *feedback*, cioè portando materiali e informazioni indietro ai siti di produzione e trasformazione per riutilizzarli. Come osserva Tiezzi (2007)²⁰⁴, per incentivare il riciclo occorre predisporre nuove tecnologie atte a migliorare l’efficienza nelle fasi di trasformazione della materia grezza e di produzione di rifiuti, nonché politiche fiscali che incentivino gli investimenti che andranno in tale direzione. Ancora di più, Brown and Ulgiati (1999) auspicano l’introduzione di sistemi di valori delle materie prime basati non più sull’utilità traibile da esse o sulla loro capacità di fornire energia quanto piuttosto sul loro contenuto eMergetico. Così, ad esempio, i combustibili fossili andrebbero valutati in base al loro processo geochimico di formazione e non alla quantità di calore che essi fornirebbero se bruciati:

“Most valuation systems are based on utility, or what is received from an energy transformation process. Thus fossil fuels are evaluated based on the heat that will be received when they are burned. Economic evaluation is based on the willingness to pay for perceived utility. An opposite view of value in the biosphere could be based on what is put into something rather than what is received. In other words, the more energy, time, and materials that are “invested in something, the greater its value. This might be called a donor system of value, while heat evaluation, and economic valuation are receiver systems of value”.

Pertanto, a dispetto di ogni principio di convenienza economica e, a maggior ragione, eMergetica, appare quanto meno sconcertante la decisione della Regione siciliana, recentemente dotata di Piano regionale dei materiali da cava e dei materiali lapidei di pregio (Decreto del Presidente della Regione del 5 novembre 2010), di fissare concessioni addirittura gratuite per estrarre materiali dalle cave (così come accade in Basilicata, Calabria e Sardegna e, in minore misura, anche nel resto d’Italia). Sul *Rapporto cave 2011* Legambiente stima infatti un volume d’affari annuo con prezzi di vendita²⁰⁵ pari a ben 24.480.425 €. Se si fissasse un onere come quello in vigore in Gran Bretagna, pari al 20% del prezzo di vendita, restringendo per semplicità l’analisi alle sole sabbia e

²⁰³ Brown M. T. and Ulgiati S. (1999), *EMergy evaluation of natural capital and biosphere services*.

²⁰⁴ Tiezzi E. (a cura di), (2007), *cit.*, p. 57;

²⁰⁵ Si è considerato come prezzo di vendita dei materiali inerti la media tra quelli indicati dalle Camere di Commercio, stesso valore indicato dalla European Environment Agency nel 2008: 12,50 €/m³ (Legambiente (2011), *Rapporto cave 2011*, p. 4).

ghiaia, la Regione incamererebbe quasi 6 milioni di euro²⁰⁶, con una parte dei quali potrebbe anche partecipare alla realizzazione di progetti e opere mirate al riuso di materiali provenienti dalle demolizioni in edilizia.

Come è emerso da studi effettuati da Buranakarn (1998), Brown e Buranakarn (2003)²⁰⁷, l'Analisi EMergetica del ciclo di vita (*Life cycle eMergy analysis*) di un materiale rappresenta un valido supporto nella scelta del riciclo e, nel qual caso, delle sue tecniche di trasformazione. Essa consiste nel conteggio dell'eMergia consumata "from cradle to grave"²⁰⁸, ossia per estrarre le materie prime, raffinarle in semilavorati, trasformarli in prodotto finito, adoperarlo, prevedendone, infine, il recupero o la disposizione direttamente in discarica.

In Fig. 4.3 è rappresentato il diagramma eMergetico di un tipico processo di riutilizzo di un materiale.

Tra gli indicatori più idonei che essi presentano cito:

- la transformity espressa in eMergia per unità di massa del prodotto (sej/g);
- il rendimento eMergetico (U/F) che, ricordo, si definisce come il rapporto tra l'eMergia totale contenuta nel prodotto (U) e quella parte di essa che è stata acquistata sul mercato (F), ossia manodopera, ammortamento dei macchinari, ecc.

Tra i risultati più evidenti è emersa una maggiore convenienza al reimpiego per i materiali, quali l'alluminio, la plastica, l'acciaio e il vetro, che scaturiscono da un'elevata concentrazione di risorse naturali o i cui semilavorati sono ottenuti con complessi processi di raffinazione: in sintesi, con transformity e rendimenti eMergetici elevati. Nel caso delle merci riutilizzate il ciclo di vita si accorcia, essendo i semilavorati estratti direttamente dalla loro demolizione e scomposizione, senza prelievo di capitale naturale e senza processi di raffinazione.

"Separare e riciclare i materiali dopo l'uso – osservano Meadows et al. (2006) – è un primo passo verso la sostenibilità. In tal modo, i materiali cominciano a fluire attraverso l'economia umana così come fluiscono attraverso la natura: in cicli chiusi"²⁰⁹. Essi descrivono il caso delle lattine per bevande come valido esempio di riuso che ha consentito solo negli USA, verso la fine del millennio, di rimettere in circolo il 55% circa dei 105 miliardi di lattine passate tra le mani degli americani. Ma il riciclo dei rifiuti riguarda solo lo stadio finale, e meno problematico, del flusso dei materiali. Infatti, in modo approssimativo è stato stimato che ad ogni tonnellata di rifiuti prodotti dal consumatore corrispondono 5 tonnellate di rifiuti nella fase della fabbricazione e ben 20 tonnellate nell'iniziale stadio di estrazione della risorsa (scavo, pompaggio, taglio o coltivazione). Pertanto – proseguono gli autori – "per ridurre questi flussi di rifiuti, la cosa migliore

²⁰⁶ Legambiente (2011), *cit.*, p. 8.

²⁰⁷ Brown M.T., Buranakarn V. (2003), *EMergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options*; Buranakarn V. (1998), *Evaluation of recycling and reuse of building materials using the eMergy analysis method*.

²⁰⁸ Buranakarn V. (1998), *cit.*, p. 9.

²⁰⁹ Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J. (2006), *cit.*, p. 136.

consiste nell'estendere la vita utile dei prodotti e ridurre i flussi di materiali alla sorgente²¹⁰.

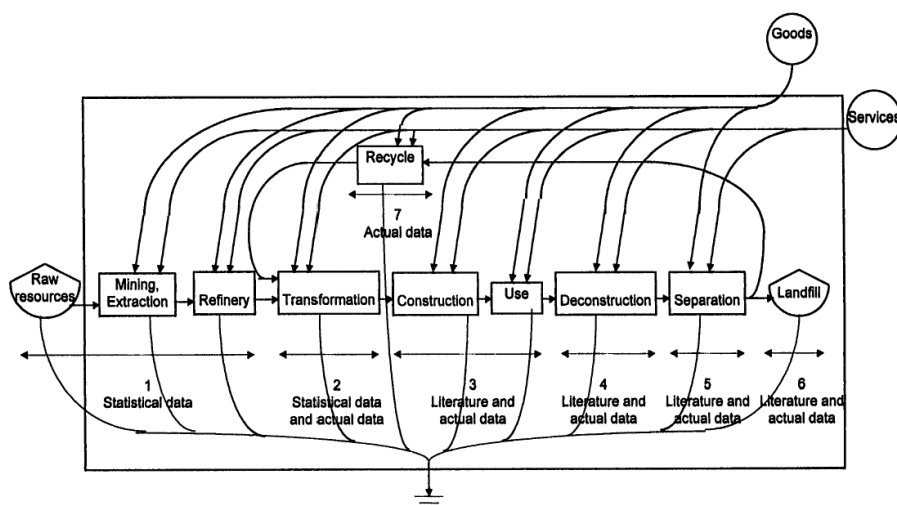


Fig. 4.3 – Diagramma eMergetico di un tipico processo di riciclo (Buranakarn, 1998)

In pieno accordo con i ragionamenti appena conclusi si inquadrano, ad esempio, gli interventi di dismissione e recupero della pietra lavica nei percorsi viari del centro storico catanese effettuati nell'ultimo decennio. In alternativa all'invasiva estrazione di materiale dalle cave prevedo lo svellimento del lastricato esistente, l'accatastamento ai margini della strada, la ripulitura con eventuale rimozione del sottostrato.

Dimostriamo la convenienza eMergetica del ripristino del basolato lavico esistente rispetto alla realizzazione ex novo restringendo l'analisi ad un'unità di superficie pavimentata.

Nella prima ipotesi un metro quadrato di pavimento necessita del lavoro di un operaio comune e di un operaio qualificato per la durata di 0,6 ore ciascuno e dell'utilizzo di un carrello elevatore per 0,2 ore (Otero, 2006²¹¹). Valuto l'attività compiuta da entrambi gli operai, comune e qualificato in termini di dispendio energetico del metabolismo umano per tutta la durata del processo lavorativo (125 kcal all'ora); considero la transformity calcolata da Ulgiati et al. (1994)²¹², pari a $7,38 \times 10^6$ sej/J (o a $1,24 \times 10^7$ sej/J se ci si riferisce al budget globale annuale pari a $15,83 \times 10^{24}$ sej/anno) come rapporto tra l'eMergia pro capite utilizzata annualmente e il consumo energetico di un uomo in tutti i giorni lavorativi di un anno in Italia (dati dell'anno 1989). Per individuare codesto fattore di conversione i ricercatori hanno perciò considerato il lavoro di un operaio di medie capacità, non qualificato, e l'eMergia totale assorbita in tutta la giornata, trascorsa quindi anche a dormire, giocare, nutrirsi, ecc. Riporto in tabella 4.2 il procedimento da essi seguito.

²¹⁰ Ibidem, p. 136.

²¹¹ Otero A. (2006), *Analisi dei prezzi per ristrutturazioni, recuperi e restauri*, pp. 24-25.

²¹² Ulgiati S., Odum H. T., Bastianoni S. (1994), *cit.*, p. 235.

| N | Voci | Quantità | Unità di misura |
|---|--|-----------------------|------------------|
| 1 | EMergia totale consumata in Italia (1989) | $1,26 \times 10^{24}$ | sej/anno |
| 2 | Popolazione residente in Italia (1989) | $5,75 \times 10^7$ | persone |
| 3 | Consumo eMergetico pro capite (1989) | $2,20 \times 10^{16}$ | sej/anno/persona |
| 4 | Consumo energetico quotidiano | $1,05 \times 10^7$ | J/giorno/persona |
| 5 | Energia totale consumata nei 285 giorni lavorativi | $2,98 \times 10^9$ | J/anno/persona |
| 6 | Transformity del lavoro (voce 3/voce 5) | $7,38 \times 10^6$ | Sej/J |

Tab. 4.2 – *Valutazione eMergetica del lavoro umano* (Ulgiati et al., 1994)

Pertanto, il consumo eMergetico della forza lavoro è pari a:

$$\begin{aligned} \text{EMergia manodopera} &= \\ &= (\text{n. operai}) * (\text{n. ore lavoro}) * (\text{dispendio energetico orario}) * (\text{transformity}) = \\ &= 2 * 0,6 \text{ (ora)} * 125 \text{ (kcal/ora)} * 4186 \text{ (J/kcal)} * 1,24 \times 10^7 \text{ (sej/J)} = 7,79 \times 10^{12} \text{ sej} \end{aligned}$$

In realtà una giornata di lavoro umano “superiore” andrebbe tradotta in “x giornate di lavoro semplice”, come suggeriva lo stesso Marx, poiché in essa si estrinseca una “forza lavorativa in cui affluiscono costi di preparazione più alti, la cui produzione implica più tempo di lavoro, che perciò vale di più della forza lavorativa semplice”²¹³. Essa si traduce in un flusso eMergetico associato a transformity più elevate a testimonianza del nutrito bagaglio di informazioni genetiche, socioculturali, ambientali, ecc., principalmente ereditate dall’individuo e, in minor misura, accumulate nei suoi anni di formazione ed esperienza (H. T. Odum, 1996)²¹⁴.

Ho quindi stimato il consumo di gasolio dell’elevatore pari a 1,68 kg/ora (*Carrello elevatore diesel RX 70, Still International*) e trascurato la quota di logorio. Applicando la transformity calcolata da Bastianoni et al. (2005)²¹⁵ pari a $1,11 \times 10^5$ sej/J, si ha:

$$\begin{aligned} \text{EMergia macchinario} &= \\ &= (\text{ore di lavoro}) * (\text{consumo di carburante}) * (\text{potere calorifico}) * (\text{transformity}) = \\ &= 0,2 \text{ (ora)} * 1,68 \text{ (kg/ora)} * 4,30 \times 10^7 \text{ (J/kg)} * 1,11 \times 10^5 \text{ (sej/J)} = 1,60 \times 10^{12} \text{ sej} \end{aligned}$$

²¹³ Marx K. (1996), *cit.*, p. 159.

²¹⁴ Odum H. T. (1996), *cit.*, pp. 230-241.

²¹⁵ Bastianoni S., Campbell D., Susani L., Tiezzi E. (2005), *The solar transformity of oil and natural gas*, pp. 212-220.

Dalla somma dei due contributi segue pertanto che l'eMergia consumata è pari a $9,39 \times 10^{12}$ sej.

Invece, qualora decidessi di realizzare ex novo il pavimento, già senza considerare le fasi di svellimento e di trasporto a rifiuto dell'esistente, limitandomi al solo materiale, avrei, per uno spessore di 20 cm e la transformity di $7,54 \times 10^9$ sej/g (Odum H. T., 1996), un costo pari a:

$$\begin{aligned} \text{EMergia materiale} &= \\ (\text{spessore}) * (\text{superficie}) * (\text{densità}) * (\text{transformity}) &= \\ 0,2 \text{ (m)} * 1 \text{ (m}^2\text{)} * 2,71 \times 10^6 \text{ (g/m}^3\text{)} * 7,54 \times 10^9 \text{ (sej/g)} &= 4,09 \times 10^{15} \text{ sej} \end{aligned}$$

Nel primo caso, e, si può ragionevolmente presumere, in buona parte degli interventi di recupero edilizio e di demolizione di fabbricati dismessi dai quali ricavare materiali da riutilizzare, risulta un minor dispendio di eMergia. Ciò è da attribuire al risparmio di risorse non rinnovabili, valorizzando quelle già disponibili tramite l'impiego del "lavoro vivo".

Il ruolo determinante della forza lavoro umana, ai fini della sopravvivenza nella Terra, è intuito già da Podolinskij²¹⁶: egli riduce rozzamente l'organismo umano ad una macchina termica e sostiene che solo il suo rendimento energetico (da lui chiamato "coefficiente economico"), più elevato di quello delle altre macchine, è stato capace di accumulare energia sulla superficie della Terra:

"il coefficiente economico della macchina umana corrisponde al 20%, cioè a 1/5 del calore totale prodotto dall'organismo. O, detto altrimenti, l'uomo è in grado di convertire in lavoro muscolare la quinta parte dell'energia totale ricavata dagli alimenti. E' nozione comune che anche le migliori macchine a vapore non raggiungono un simile rendimento. (...) Va quindi osservato che, benché il coefficiente economico calcolato in base alla quantità di alimenti e all'ossigeno ispirato corrisponda a un rapporto pari a 1/5, considerando la quantità totale di energia richiesta per il soddisfacimento dei bisogni materiali e spirituali umani, detto coefficiente va ridotto della metà, al rapporto di 1/10, tanto più che l'uomo è improduttivo per buona parte della vita: nell'infanzia, nella vecchiaia e nel corso delle malattie"²¹⁷.

In conclusione, l'uso parsimonioso delle materie prime che hanno "rendita energetica" (Zinoni, 2003²¹⁸) quindi materiali da cava, minerali e, a maggior ragione, combustibili fossili, associato alla valorizzazione del lavoro vivo, come suggerisce Amata²¹⁹, può contribuire al miglioramento delle prestazioni degli indicatori eMERgetici nella provincia catanese.

²¹⁶ Martinez-Alier J. (1991b), *cit.*, pp 82-83.

²¹⁷ Podolinskij S. (1883), *cit.*, pp. 413-424 e 449-457.

²¹⁸ Zinoni G. (2003), *Appunti di economia energetica*.

²¹⁹ Amata G. (2007), *cit.*, p. 119.

“I rifiuti non devono essere buttati via perché sono portatori di valori d’uso – e quindi di lavoro ed energia – e perché possono diventare nuove materie prime per nuovi cicli produttivi, fonti di nuova occupazione”²²⁰.

4.3 Consumo e produzione di energia elettrica

Il consumo di energia elettrica nella provincia di Catania per l’anno 2006 ammonta a $3,43 \times 10^6$ MWh. Di questo quantitativo solo lo $0,26 \times 10^6$ MWh provengono da fonti locali e, in particolare, principalmente da impianti idroelettrici ubicati nei comuni di Adrano, Castiglione di Sicilia e Paternò (A. P.; $0,10 \times 10^6$ MWh) ed eolici localizzati a Mineo (Fig. 4.4) e Vizzini (A. C.; $0,13 \times 10^6$ MWh) (fonte: Terna).



Fig. 4.4 – Parco Eolico a Mineo (Verona Gest)

Secondo dati risalenti al 2007 (*piano provinciale energetico*) sono stati autorizzati i seguenti impianti: nell’area metropolitana, eolici e di termovalorizzazione (comune di Paternò) rispettivamente della potenza di 9 e 45 MW; nell’area pedemontana impianti di biomassa (comune di Biancavilla, potenza: n.r.) ed eolici (comuni di Bronte, Calatabiano, Randazzo, Maletto) della potenza complessiva di 187 MW; nell’area calatina pannelli fotovoltaici (comune di Licodia Eubea) e pale eoliche (comuni di: Caltagirone, Licodia Eubea, Militello, Mirabella Imbaccari, Palagonia, Ramacca, San Cono) della potenza complessiva rispettivamente di 59 MW e 528 MW.

Bagnati et al. hanno valutato la sostenibilità dei diversi modi di produzione di elettricità in Italia ricorrendo al calcolo eMergetico²²¹. Proprio

²²⁰ Nebbia G. (1984), *Produrre che cosa?*, p. 81.

²²¹ Bagnati T., Caruso C., Catenacci G., Cavicchioli C., Riva M., Sala F. (2001), *cit.*.

su questo tema, afferma Tiezzi (2002)²²², la metodologia creata da H. T. Odum risulta particolarmente efficace, giacché evidenzia la rinnovabilità delle risorse naturali adoperate o, che è lo stesso, tiene conto delle differenti qualità degli input energetici. Con un esempio egli chiarisce ulteriormente la questione: produrre calore per uso civile utilizzando un'energia pregiata come l'elettricità, originata in massima parte dalla combustione di petrolio, sarebbe un inutile dispendio di risorse; molto meglio bruciare legna o metano. Dal confronto dei diversi sistemi di produzione di elettricità emerge la maggiore efficienza eMergetica degli inceneritori di biomassa ($4,27 \times 10^4$ sej/J) che bruciano materiali di scarto, quindi, secondo gli autori, privi di transformity, immediatamente seguiti dalle centrali eoliche ($5,46 \times 10^4$ sej/J) che sfruttano l'energia cinetica del vento, assolutamente rinnovabile e gratuita (Tab. 2.3). Poiché il problema energetico consiste, oltre che nella limitata disponibilità delle riserve di combustibili fossili, anche nell'inquinamento provocato dalle centrali termoelettriche a causa della quantità di calore rilasciato e dell'emissione in atmosfera di prodotti chimici nocivi²²³, il gruppo di studio del CESI ha deciso di includere queste esternalità nel calcolo delle transformity traducendoli in flussi in entrata nel sistema. L'ordine di convenienza delle tipologie di produzione rimane però immutato.

Riporto i dati sulla ripartizione dei consumi elettrici per settore di attività economica nell'anno 2005 per l'intera provincia: 3,0% in agricoltura (106,6 milioni di Kwh), 30,7% nell'industria (1.081,4 milioni di Kwh), 31,6% nel terziario (1.110,7 milioni di Kwh) e, infine, 34,7% in ambito domestico (1.219,1 milioni di Kwh)²²⁴. Dalla loro lettura si rileva la squilibrata distribuzione degli usi verso il comparto civile rispetto alle percentuali nazionali (1,7% in agricoltura, 49,6% nell'industria, 27,1% nel terziario e 21,6% per uso domestico) da imputare sia alla scarsa presenza di stabilimenti produttivi che all'insufficiente attuazione di pratiche di bioedilizia ad elevata efficienza energetica.

Sul risparmio energetico in edilizia hanno indagato Pulselli et al. (2009)²²⁵ effettuando, in particolare, la valutazione eMergetica di differenti tipologie di involucro di un edificio abitativo. Innanzitutto hanno calcolato, sia in termini eMergetici che monetari, i materiali, l'energia e la manodopera impiegati per ottenere un sistema di facciata tradizionale, formato, cioè, da una parete esterna in mattoni faccia vista, una camera d'aria con inserito un pannello isolante e una controparete interna in mattoni forati, intonacata (Fig. 4.5). Analogamente si è proceduto per un sistema di facciata ventilata, costruito aggiungendo al tamponamento tradizionale una coibentazione di materiale polimerico sintetico e, su questa, con interposta una camera d'aria, uno strato di laterizi forati estrusi montati su telai in alluminio (Fig. 4.6). Per entrambi i casi, sono stati successivamente computati i consumi di energia elettrica e metano per riscaldare e climatizzare l'immobile. Dal confronto tra le due tipologie è

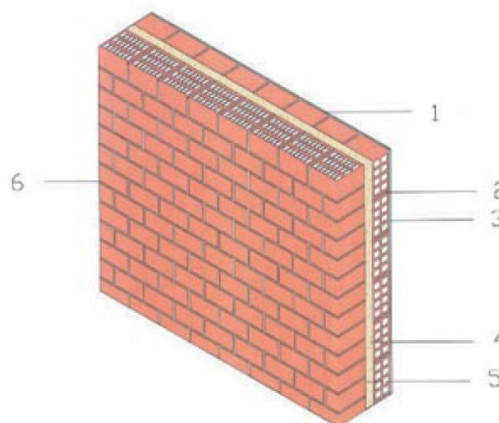
²²² Tiezzi E. (2002), *cit.*, pp. 63-64.

²²³ Marletta L. (2008), *Energie rinnovabili: realtà e prospettive*, pp. 75-78.

²²⁴ Elaborazioni Istituto G. Tagliacarne su dati GRTN.

²²⁵ Pulselli R. M., Simoncini E., Marchettini N. (2009), *Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate*.

emersa una maggiorazione dei costi realizzativi per la facciata ventilata ($+2,16 \times 10^{17}$ sej) ma anche dei risparmi annui di combustibili ($+2,40 \times 10^{16}$ sej/anno) con un tempo di ritorno eMERgetico di 9 anni e monetario tra i 20 e i 30 anni.



- 1 – Intonaco di malta bastarda
- 2 – Legante in malta idraulica
- 3 – Laterizio forato
- 4 – Strato isolante
- 5 – Malta adesiva
- 6 – Laterizi semipieni faccia vista

Fig. 4.5 – Particolari costruttivi del sistema di facciata tradizionale (Simoncini)

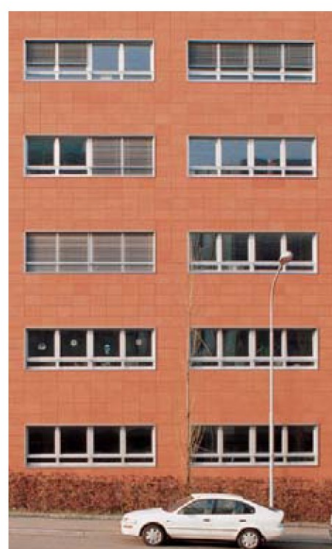
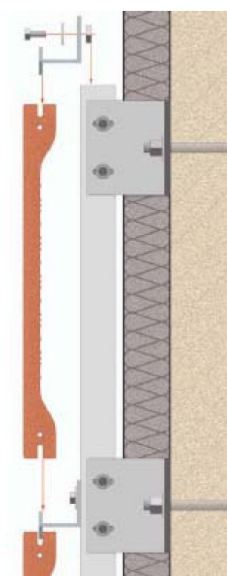


Fig. 4.6 – Particolare costruttivo e prospetto del sistema di facciata ventilata (Simoncini)

In conclusione, alla luce delle considerazioni svolte in questo capitolo, sarebbe auspicabile ipotizzare differenti scenari futuri associati a progressive riduzioni di consumo di energia anche ricorrendo alle modalità proposte.

PARTE TERZA

***IL SECONDO CASO-STUDIO. IL GIUDIZIO DI VALORE
TRA RIUSO URBANO ED ESPANSIONE ILLIMITATA
DELLA CITTÀ***

CAPITOLO 5. Raffronto dei costi eMergetici insediativi tra quartieri tipici di Catania

5.1 Introduzione

Nello scorso capitolo, in fase di discussione dei risultati dell'Analisi EMergetica effettuata per la provincia catanese, si sono evidenziate le voci relative all'uso di riserve e risorse che determinano i maggiori flussi eMergetici in uscita. Tra esse ricordo: i materiali estratti dalle cave impiegati in edilizia, l'energia elettrica utilizzata in ambito civile e industriale, i combustibili fossili consumati nel settore dei trasporti. Quindi, sono state delineate le principali linee di azione da attuare per ridurre gli sprechi, approfondendo alcuni aspetti mediante ulteriori valutazioni eMergetiche.

All'esame della quarta misura d'intervento, consistente nell'approntare processi di trasformazione urbana e territoriale sostenibili, è dedicato il presente capitolo. In particolare, si predilige il recupero di quartieri fatiscenti e in stato di semiabbandono della città consolidata alla realizzazione di nuovi agglomerati che allargano i confini urbani. Vengono quindi confrontati i costi insediativi ex ante, espressi in termini eMergetici, tra le seguenti due significative tipologie abitative della città di Catania, allo scopo di formularne il giudizio di convenienza:

- il piano di zona per l'edilizia economica e popolare di Librino, ideato nei primi anni Settanta come un enorme serbatoio 167, dimensionato per 63.000 abitanti circa e ancora oggi incompleto;
- il programma integrato di intervento per la riqualificazione, recentemente avviata, del lato sud del rione storico *extra-moenia* di S. Cristoforo, dove alloggiare ulteriori 2.300 abitanti oltre a quelli esistenti.

Considerando l'attività di trasformazione del territorio naturale in luogo idoneo alla localizzazione di insediamenti umani alla stregua di un qualsiasi processo produttivo (C. Forte, 1971), potremo applicare ad essa l'Analisi EMergetica per valutarne i costi. Per quanto riguarda la produzione insediativa, secondo detto autore, essa avviene attraverso modifiche fisiche, temporali e spaziali di un ecosistema in origine non antropizzato²²⁶: cioè nel tempo vengono alterate le sue naturali caratteristiche morfologiche, orografiche e, in generale, ambientali, acquistando dall'esterno risorse naturali e manufatti (acqua, energia elettrica, cemento, laterizi, ecc.) ed eliminando rifiuti (materiali di risulta proveniente da scavi e demolizioni, acque reflue, ecc.). Suddetta produzione scaturisce quindi dalla combinazione di diversi fattori produttivi: lo spazio, le opere urbanizzative e gli organismi abitativi, identificabili con i tradizionali contributi della terra, del lavoro e del capitale²²⁷.

²²⁶ Forte C. (1971), *cit.*, pp. 1-2.

²²⁷ *Ibidem*, p. 2.

In una mia recente pubblicazione²²⁸, ho effettuato il raffronto dei costi monetari urbanizzativi presunti per i quartieri succitati ai fini di una valutazione economico-sociale. Rimandando al saggio in questione per eventuali approfondimenti, mi limito a evidenziare che, dai risultati ottenuti, è scaturita la maggiore economicità del risanamento di S. Cristoforo Sud: in particolare, è stata determinata un'incidenza pro capite di 12.706 €/ab. di quest'ultimo contro i 18.369 €/ab. di Librino con i prezzi riferiti all'anno 2007.

Gli obiettivi che intendo perseguire con questa nuova applicazione consistono nei seguenti punti:

- a) definire la configurazione degli assetti urbani e degli apporti di materia ed energia per i due casi-studio, specificando le condizioni e le modalità che generano i costi insediativi;
- b) verificare la supposta convenienza eMergetica del programma integrato di intervento rispetto alla città satellite;
- c) ricercare tra i risultati ottenuti effettuando queste due analisi metodologiche le eventuali proprietà invarianti negli interventi di riuso/ampliamento urbano.

Nei paragrafi successivi si procederà pertanto a:

- 1) descrivere i sistemi insediativi in esame;
- 2) presentare il procedimento seguito;
- 3) esplicitare i criteri adottati di selezione dei dati e le ipotesi di lavoro assunte;
- 4) discutere dei risultati ottenuti;
- 5) riportare le considerazioni conclusive.

5.2 Rassegna dei principali contributi sull'Analisi EMergetica dei processi edilizi

In letteratura esistono ancora pochi esempi di Analisi EMergetica dei processi produttivi nel settore edilizio afferenti a singole opere o ad interventi a scala urbana e territoriale. Tra di essi cito, in ordine cronologico, i lavori di: Buranakarn (1998), *Evaluation of recycling and reuse of building materials using the eMergy analysis method*; Brown e Buranakarn (2003), *EMergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options*; Federici, Ulgiati, Basosi (2006), *A thermodynamic, environmental and material flow analysis of the Italian highway and railway transport systems*; R.M. Pulselli, Simoncini, Ridolfi, Bastianoni (2008), *Specific eMergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport*; R. M. Pulselli, Simoncini, F. M. Pulselli, Bastianoni (2007), *EMergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: eM-building indices to evaluate housing sustainability*; R. M. Pulselli, Simoncini, Marchettini (2009), *Energy and eMergy based cost-benefits evaluation of building envelopes relative to*

²²⁸ Allegra S. T. (2008), *cit.*, pp. 115, 120-121.

geographical location and climate; Da Costa Amoeda (2009), *Design for deconstruction: EMergy approach to evaluate deconstruction effectiveness*. Infine, il tema degli interventi edilizi a livello urbano e territoriale è stato approfondito in particolare da Huang, Hsu (2003), *Materials flow analysis and eMergy evaluation of Taipei's urban construction*²²⁹.

Ai vantaggi e svantaggi del riciclo di alcuni materiali da costruzione valutati da Brown e Buranakarn ho già accennato nello scorso capitolo.

Federici et al. ricorrono all'Analisi EMergetica per confrontare le modalità di trasporto di merci e passeggeri su gomma e rotaia in Italia, considerando tra i fattori impiegati, oltre alla manodopera, ai combustibili e ai servizi, i materiali utilizzati nella fase di costruzione e mantenimento delle infrastrutture (calcestruzzo, acciaio, asfalto, rame, ecc.).

Nei tre articoli di R. M. Pulselli et al. sopra menzionati la metodologia eMergetica è stata applicata rispettivamente:

- a) alla produzione del cemento e del calcestruzzo per ricavarne le transformity;
- b) alla costruzione, manutenzione e gestione di un edificio abitativo con tecniche costruttive tradizionali per valutare i costi di ognuna di queste fasi;
- c) a diverse tipologie di involucro di un edificio abitativo, con differenti capacità di coibentazione e ventilazione, allo scopo di individuare il sistema di facciata in grado di migliorare la prestazione dell'edificio e contenere i consumi energetici.

Le transformity determinate nel primo dei tre scritti sono state adoperate in questo secondo caso-studio della tesi.

Quanto al secondo saggio, il fabbricato oggetto di indagine è stato costruito secondo l'edilizia tradizionale italiana, con una struttura in calcestruzzo armato. Esso è ubicato in una zona pianeggiante, ha un'altezza di circa 15 metri e una cubatura di circa 10.000 m³ (di cui 7.500 fuori terra); comprende un piano interrato, 4 piani fuori terra e uno sottotetto; ospita nove appartamenti, oltre ad ambulatori e uffici che si estendono per tutto il piano terra ed il primo piano dove alloggiano 58 persone (Figg. 5.1 e 5.2). È stato calcolato che il processo di costruzione dell'edificio ha richiesto un investimento di eMergia di 1,07x10¹⁹ sej. La manutenzione è stata stimata al pari di un flusso costante di eMergia di 1,53x10¹⁷ sej/anno, considerando che l'edificio è un serbatoio che, nel tempo, richiede un apporto continuo di materia ed energia per mantenere le qualità iniziali. Infine, i consumi per la funzione abitativa, risultano pari a 6,76x10¹⁶ sej/anno in energia elettrica, gas per riscaldamento, e acqua potabile. In conclusione sono stati determinati dei costi eMergetici per metro cubo di costruzione e per abitante rispettivamente pari a 1,07x10¹² sej/m³ e a 7,50x10¹⁵ sej/ ab.

Del terzo contributo di R. M. Pulselli et al. ho già discusso nel precedente capitolo.

Da Costa Amoeda valuta le differenti quantità e qualità di materiali che possono essere recuperati dalla demolizione di un manufatto edilizio

²²⁹ Per la completa citazione delle suddette pubblicazioni si veda la bibliografia.

nei casi in cui l'apparato strutturale sia realizzato in legno, in acciaio o in calcestruzzo.

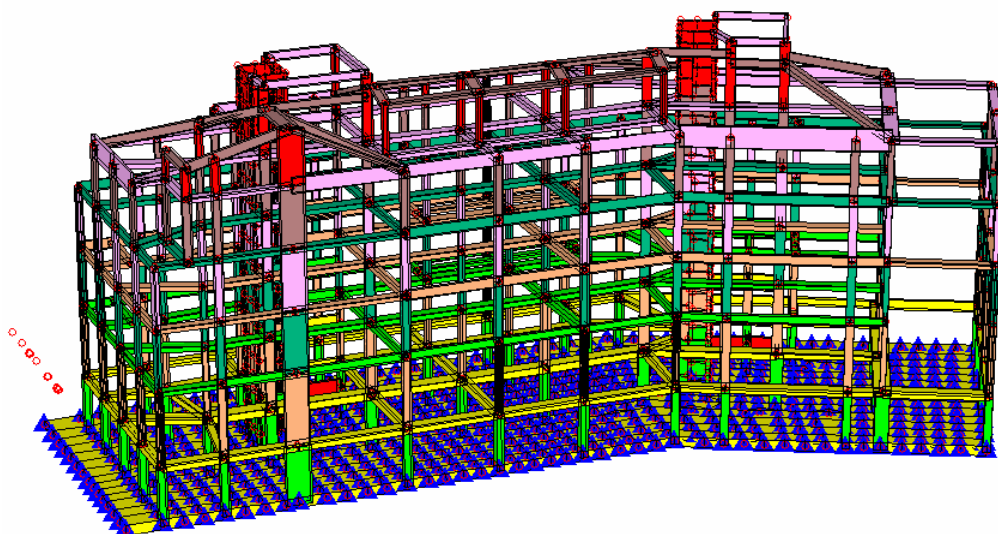


Fig. 5.1 – *Struttura dell'edificio residenziale oggetto di valutazione eMergetica (Simoncini)*

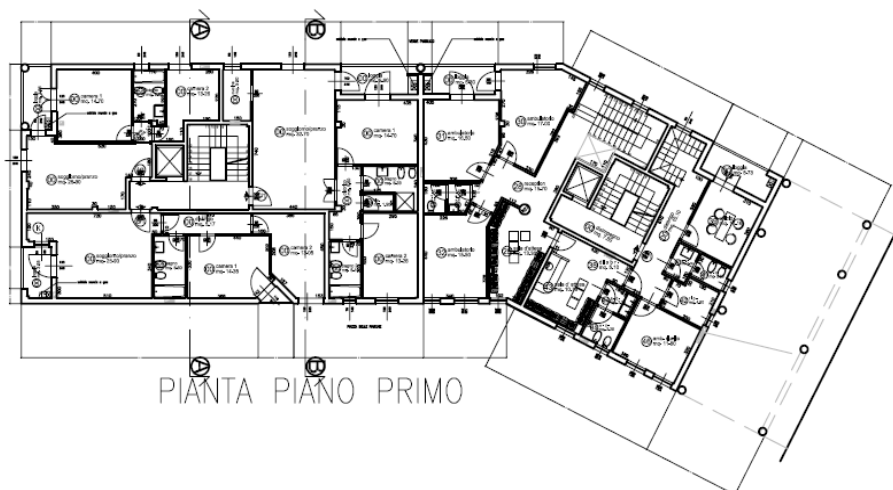


Fig. 5.2 – *Planimetria del primo piano dell'edificio residenziale oggetto di valutazione eMergetica (Simoncini)*

Degli studi condotti da Huang et al. in merito alle relazioni esistenti tra la stratificazione funzionale del territorio e la distribuzione dei flussi eMergetici si è già trattato nel secondo capitolo; adesso ritengo sia più interessante accennare allo loro summenzionata pubblicazione riguardante la valutazione eMergetica del flusso di materiali da costruzione impiegati

per espandere Taipei, perché pertinente agli argomenti sviluppati in questo capitolo.

Nel ventennio 1980-2000 questa città è stata soggetta ad un impetuosa crescita economica e, di conseguenza, ad una rapida urbanizzazione: per l'esattezza, nei quindici anni intercorsi tra il 1980 e il 1995 ben 4 milioni di taiwanesi si sono trasferiti nelle sue aree urbane che, conseguentemente, si sono ampliate del 40%. In esse vive circa l'80% di tutta la popolazione dell'isola. Gli autori hanno quindi esaminato i dati sulle quantità di opere civili (rete infrastrutturale viaria, rete di smaltimento degli scarichi, opere di difesa da inondazioni, fabbricati, ecc.) realizzate nel periodo di tempo considerato, estrapolando gli input di sabbia/pietrisco, cemento e asfalto consumati e i rifiuti prodotti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione (Fig. 5.3).

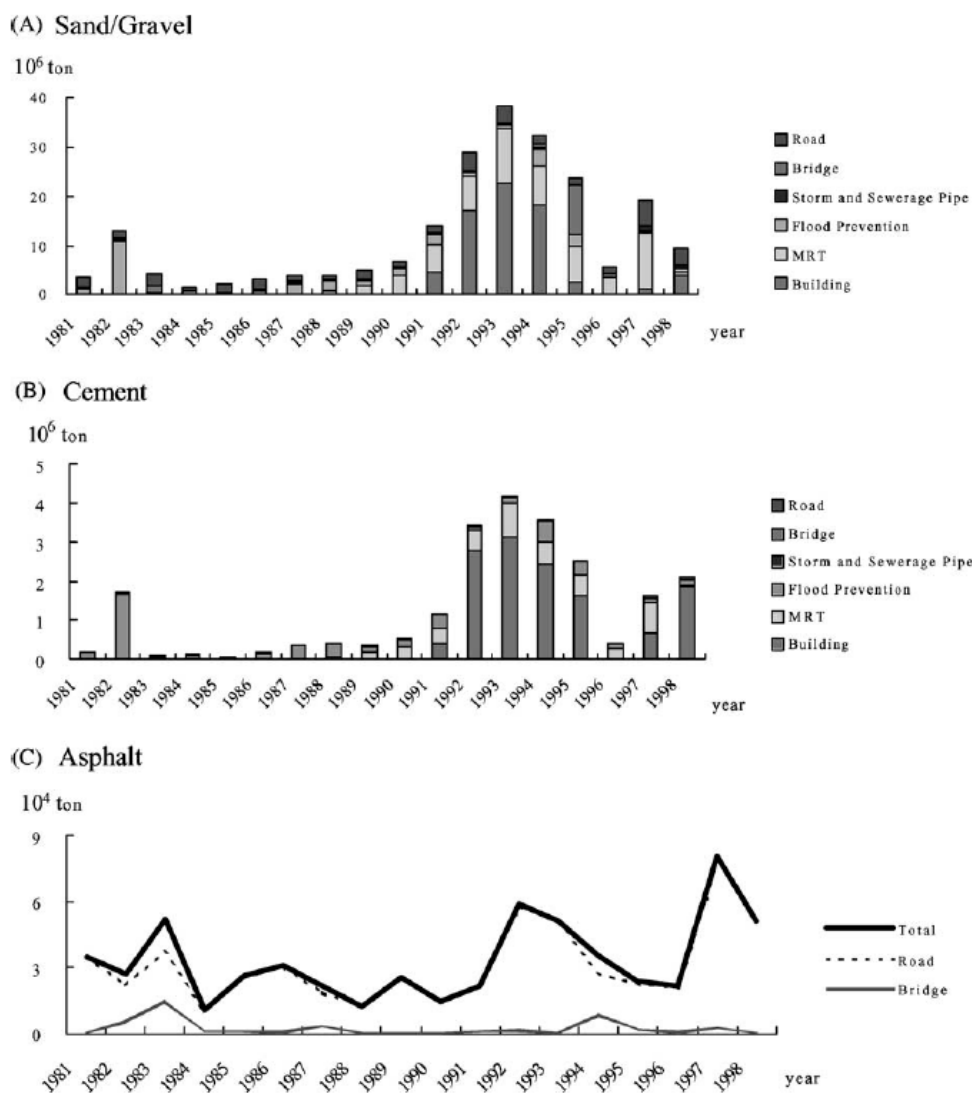


Fig. 5.3 – Andamento dei consumi di sabbia/pietrisco, cemento e asfalto impiegati nel settore delle costruzioni a Taipei nel ventennio 1980-2000 (Huang et al., 2003)

I materiali così stimati sono stati convertiti in unità eMergetiche ed i loro flussi evidenziati nell'analisi dell'intero territorio di Taipei, per valutarne l'impatto. Sono stati calcolati indicatori specifici quali: le *quantità di materiale usato e di rifiuti pro capite (kg/persona) e per unità di superficie territoriale (tonn/km²)* (Fig. 5.4). L'articolo si conclude sottolineando l'urgenza di incentivare il riuso dei materiali per diminuire l'impronta ecologica della città.

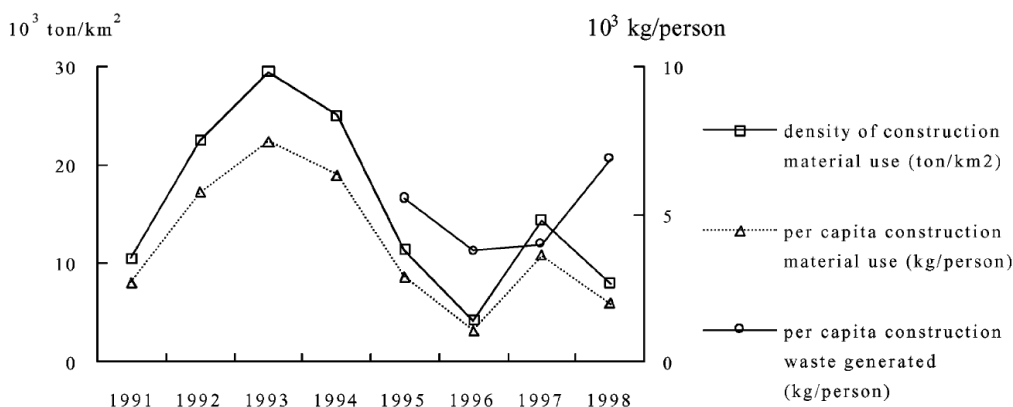


Fig. 5.4 – Andamento degli indicatori eMergetici sul consumo dei materiali e sulla produzione di rifiuti nel settore delle costruzioni a Taipei nel ventennio 1980-2000 (Huang et al., 2003)

5.3 Il Piano di Zona di Librino²³⁰

Nel 1970 l'amministrazione comunale catanese²³¹ incarica lo studio di progettazione K. Tange e Urtec di elaborare il piano di edilizia economica e popolare del quartiere di Librino in base alle indicazioni dello strumento urbanistico generale, di impianto razionalista, di Luigi Piccinato (adottato nel 1964 e approvato nel 1969). Questo vasto agglomerato sarebbe dovuto sorgere per soddisfare la richiesta di alloggi a carattere economico e popolare, a sud-ovest della città, su una porzione rilevante della Piana di Catania, al fine di contrastare lo sviluppo urbano etneo fortemente sbilanciato a nord-est. Librino sarebbe nato su ex-latifondi agricoli coltivati prevalentemente a pascolo e seminativo, con alcuni vigneti ed uliveti²³².

²³⁰ La parte iniziale di questo paragrafo che descrive il piano di Librino nella versione originaria del 1972 e il paragrafo dedicato alla descrizione del programma integrato di S. Cristoforo Sud sono stati in parte ripresi da una mia pubblicazione già citata: Allegra S. T. (2008), *Il giudizio di valore tra riuso urbano ed espansione illimitata della città di Catania*.

²³¹ Delibera n. 5489 del 24 settembre 1970.

²³² "Originariamente, l'ampia zona denominata Librino consisteva in un insieme di ampi terreni agricoli coltivati principalmente a vigne e di proprietà di alcune famiglie la cui presenza è evincibile ancora oggi dalla toponomastica della zona; proprietari erano infatti i Moncada, i Grimaldi, ...(...) In Domenico Tempio (1750-1821) è possibile trovare traccia della produzione vinicola in alcuni versi di un suo componimento in cui elogia le qualità di un vino prodotto "a Bummacaru": Bummacaro è ancora oggi il nome di uno dei viali (...) principali del quartiere". In queste proprietà terriere "si produceva un vino particolarmente

Con un decreto del 22 ottobre 1968 l'assessorato allo Sviluppo Economico della Regione Siciliana approva la dimensione e l'ubicazione del futuro quartiere, specificando che in esso vengano realizzate attrezzature di interesse generale a servizio della provincia etnea e ad integrazione delle quantità previste dal PRG ritenute insufficienti.

Dunque Librino nasce come un enorme serbatoio 167 in grado di soddisfare una quota rilevante del fabbisogno abitativo di Catania nei vent'anni successivi (il 12% circa della popolazione prevista nel 1985).

La scelta della sua localizzazione ha anche lo scopo di rispondere alle esigenze abitative degli operai occupati nelle immediatamente vicine zona industriale e Piana agricola della città ("sistema d'insediamento di primo grado" (Malisz, 1964)²³³.

L'area di intervento estesa, secondo l'iniziale versione dell'architetto giapponese e del suo staff, per circa 455 ettari, fra le altitudini di 20 e 130 mt s.l.m. circa, era costituita da un terreno collinoso, le cui pendenze offrivano alla vista interessanti prospettive e suggestivi scorci paesaggistici. Le indagini geologiche ne misero in evidenza la natura sabbioso-argillosa²³⁴. Inoltre - asseriscono i progettisti - lo schema compositivo delle nuove aree residenziali avrebbe dovuto assecondare "la configurazione morfologica del terreno e senza grandi movimenti di terre", per cui sarebbe stato necessario disporre di "uno studio paesaggistico (visibilità verso il mare e verso l'Etna)":

"Quando visitai il luogo per la prima volta, ammirai quel bel terreno collinoso e decisi di tentare di fare qualcosa per utilizzare la topografia, in modo da fondere l'ambiente naturale con quello umano. L'idea che svilupparammo era una completa struttura collettiva, consistente in un asse verde centrale, dal quale si diparte una rete verde che organizza tutto il complesso. (...) Naturalmente l'asse verde, gli assi verdi di diramazione e le zone di verde circostanti sono dei posti dove la gente può divertirsi a passeggiare e comunicare con gli altri"²³⁵.

Nel dimensionare la capacità insediativa del piano di zona furono considerate le seguenti premesse ricavate dallo studio preliminare della ITALSTAT:

- a) dentro le aree di progetto preesistevano cinque nuclei insediativi, Villaggio S. Agata (Figg. 5.5 e 5.6), S. Giorgio (Fig. 5.7), S. Teodoro, Lebrino e Pigno, ospitanti complessivamente oltre 12.600 abitanti nel 1971, e caratterizzati da edilizia spontanea, ad eccezione del Villaggio S. Agata, costruito dall'INA CASA²³⁶;

buono e forte, intorno ai 18° vol., da cui l'abitudine di denominare la zona Terreforti" (Guzzetta E., *Memoria storica e racconto orale del sig. Francesco Gazzetta*).

²³³ Malisz B. (1964), *cit.*

²³⁴ "I migliori affioramenti di sabbie sono quelli esposti nei rilievi di Telegrafo Vecchio; a Sud-Ovest di S. Giorgio; nella cava tra le due contrade Cardinale e Bummacaro; nella scarpata lungo il Viale Moncada di Librino nuovo e nella scarpata del Pigno". Le argille azzurre "affiorano in maniera evidente (...) nelle località di Fossa della Creta, S. Teodoro e Librino" (*Relazione geologica dell'attuale proposta di revisione del P.R.G. di Catania*, pp. 101-102).

²³⁵ Tange K. e Urtec (1972), *Relazione del progetto del piano di zona Librino*.

²³⁶ Molto probabilmente la scelta di dislocare il Villaggio S. Agata in prossimità della zona cimiteriale è stata influenzata dai bassi costi di acquisizione delle aree: nel 1957 i circa 30 ettari necessari all'insediamento furono comperati al prezzo di L. 900/m². La progettazione

- b) lungo il perimetro del nuovo quartiere si trovavano già gli insediamenti di S. Giorgio Est e S. Iacopo ed era prevista la realizzazione di un nuovo comprensorio popolare pubblico dell'IACP, Zia Lisa II, per un totale di circa 6.900 abitanti.
- c) In merito a ciò i progettisti stabilirono di:
- d) inglobare il Villaggio S. Agata nel nuovo insediamento, integrandolo con attrezzature collettive e verde pubblico;
- e) demolire San Giorgio, S. Teodoro, Lebrino e Pigno, ubicati dentro l'area di intervento, perché ritenuti di scarsa qualità edilizia ed irrecuperabili, realizzando in luogo del Pigno una zona artigianale. La loro popolazione sarebbe stata trasferita nelle abitazioni di progetto.
- f) prevedere spazi pubblici attrezzati e servizi anche per i quartieri limitrofi di S. Giorgio Est, S. Iacopo e Zia Lisa II, secondo le indicazioni della Regione Siciliana.

Librino avrebbe servito una popolazione di oltre 68.000 abitanti, edificando una cubatura totale di 7.070.000 m³. Esso sarebbe stato costituito da 10 nuclei residenziali, connessi tra loro da una rete pedonale (spine verdi) e da un sistema veicolare perimetrale posti su due livelli differenti, cioè senza interferenze. I collegamenti con la città sarebbero stati garantiti dall'asse attrezzato e dall'asse dei servizi, previsti entrambi dal PRG, e dalla via Gelso Bianco. Poiché questo insediamento residenziale era stato concepito con caratteristiche tali da "evitare l'immagine di un quartiere dormitorio"²³⁷, venivano previste attrezzature collettive specifiche per ogni nucleo residenziale (a scala di vicinato), per tutto Librino (polo di quartiere) e persino per la città (centro urbano), raggiungendo uno standard abitativo pari a 22,75 m²/ab.. Ciò, assicuravano i progettisti, sarebbe stato in grado di provocare una vera e propria "osmosi di relazioni umane, di attività"²³⁸ con la stessa Catania.



Fig. 5.5 - Il Villaggio S. Agata dell'INA CASA (Sanfilippo et al., 1976)

di massima, affidata all'arch. M. Valori ma pesantemente rivisitata negli anni successivi, prevedeva 1335 alloggi, 82 botteghe, un indice esiguo per le attrezzature sociali (2,8 m²/ab.) e l'assenza di verde di quartiere (cfr. Sanfilippo E.D., Busacca P., Faro F., *cit.*, p. 83-85). I lavori di fabbricazione nei 18 lotti ebbero inizio nel 1960 e furono ultimati dieci anni dopo, per un importo totale a base d'asta di quasi 5 miliardi di vecchie lire.

²³⁷ Tange K. e Urtec (1972), *Relazione del progetto del piano di zona Librino*.

²³⁸ *Ibidem*, p. 8.



Fig. 5.6 – Scorcio del popolare Villaggio S. Agata (1960)



Fig. 5.7 – Il quartiere spontaneo di S. Giorgio

“The center of the plan is the new housing district for a population of 60.000. But, in addition, it includes large facilities to be used on a regional and urban level: university, general hospital, regional parks, transportation center, housing for manual laborers, and so on. (...) The site for this project is some beautiful hills not far from the city. (...) In the center of the plan we placed a broad green axis that is more a soft, parklike, natural environment than a hard man-made environment. The various facilities of the total urban center are dotted throughout this green zone. Moreover, the green axis is a support for the community housing districts on either side and for the individual residences within the unit residential districts. A greenery network consisting of branches from the central green axis gently surrounds the unit housing districts and connects one with the other.

Moderately high-rise and low-rise (two or three stories) apartment buildings standing in double rows turn their end walls to the greenery branches and surrounding greenery zones. The fairly narrow zone between the buildings in a double row is treated as a street space to be shared by vehicles and pedestrians. This neighborhood region has a lively and urban mood.

Of course, the green axis, green branch axes, and surrounding greenery zones are places for human beings to enjoy walks and communications with each other”²³⁹ (Fig. 5.8).

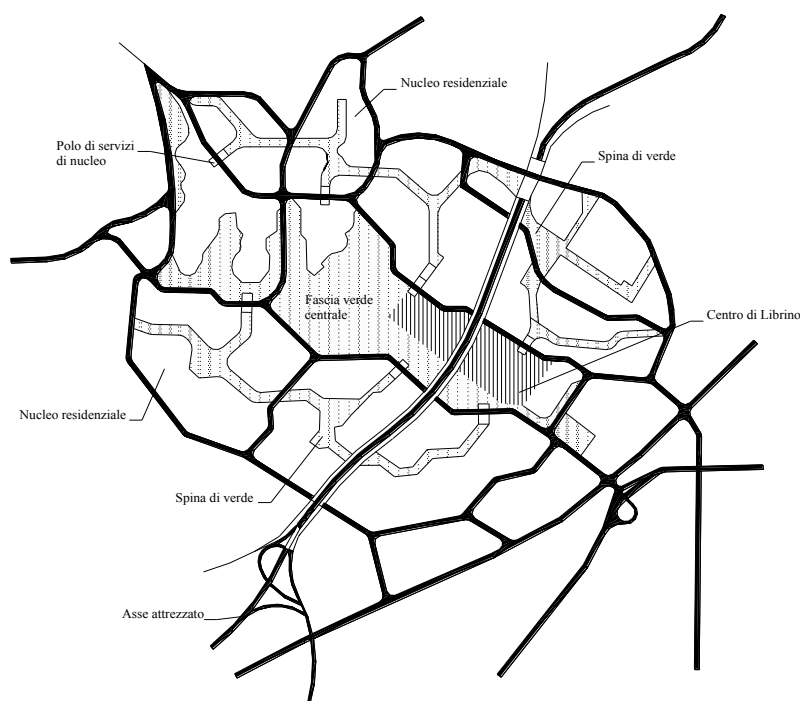


Fig. 5.8 – Schema del piano di zona di Librino (Tange e Urtec, 1972)

²³⁹ Tange K. and Urtec (1976), *Librino New Town Project for 60.000 population, Sicily*, pp. 85-89.

Nei quattro anni intercorsi tra la consegna del piano e la sua approvazione (1972-76), detto territorio fu devastato da una massiccia edificazione abusiva, risultato di una mercificazione delle aree che di lì a poco si sarebbero dovute espropriare.

Tali pesanti alterazioni urbane, insieme alla necessità di rivedere le indicazioni di piano per renderle più adeguate alla reale conformazione morfologica del sito, resero indispensabile la preparazione di una Variante. Elaborata nel 1979 dalla STA Progetti srl, su incarico del comune di Catania, essa ridusse la superficie territoriale di intervento a 420 ettari e la cubatura totale a circa 6.300.000 m³, prevedendo la realizzazione di un contenitore insediativo per circa 63.000 abitanti. In particolare si decise di includere dentro il piano il Villaggio S. Agata e di mantenere i nuclei abusivi di S. Giorgio, Lebrino e S. Teodoro, con una cubatura preesistente di quasi 1.500.000 m³, a scapito dei servizi e del verde urbano che in quelle aree sarebbero dovuto sorgere. La quantità di spazi pubblici e attrezzature collettive fu ridotta, pur continuando a soddisfare gli standards minimi previsti dal Decreto Ministeriale n. 1444 del 1968: 4,7 m²/ab. per le aree per l'istruzione, 3,3 m²/ab. per le attrezzature di interesse comune, 16,3 m²/ab. per gli spazi pubblici attrezzati a parco e per il gioco e lo sport, 2,9 m²/ab. per i parcheggi. Essa fu calcolata comprendendo anche i fabbisogni della popolazione degli agglomerati preesistenti appena citati (Tabb. 5.1 e 5.2). La morfologia dell'insediamento rimane fundamentalmente identica a quella originaria ideata da Tange, contraddistinta da una struttura viaria ad andamento curvilineo delimitante i nuclei residenziali e da un centro urbano destinato ad attività anche a dimensione provinciale (Fig. 5.9).



Fig. 5.9 – Variante del piano di zona di Librino (STA Progetti, 1976)

| Nuclei | Caratteristiche generali dei nuclei | | | | | | | Edilizia residenziale, mista e artigianale | | | Verde pubblico residenziale | | Verde urbano e sportivo m ² | Cubatura edifici sportivi m ³ | Attrezzature scolastiche | | | Attrezzature di interesse comune | | | |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-------|
| | Abitanti insediabili n | Abitanti insediati n | Superficie territoriale m ² | Viabilità di piano m ² | Strade interne* m ² | Parcheggi m ² | Vincolo assoluto m ² | Superfici lotti m ² | Cubatura totale m ³ | Cubatura* m ³ | Spine verdi m ² | Verde di rispetto m ² | | | Superfici lotti m ² | Cubatura totale m ³ | Cubatura* m ³ | Superfici lotti m ² | Cubatura totale m ³ | Cubatura* m ³ | |
| A | 8.001 | 0 | 316.820 | 604.350 | 0 | 17.950 | 0 | 173.320 | 693.780 | 0 | 59.560 | 9.750 | 6.390 | 0 | 40.990 | 105.048 | 0 | 8.860 | 33.696 | 0 | |
| B | 7.500 | 0 | 279.050 | | 0 | 16.650 | 0 | 160.540 | 650.580 | 0 | 40.990 | 3.850 | 10.140 | 0 | 0 | 38.080 | 59.004 | 0 | 8.800 | 0 | 0 |
| C | 7.456 | 0 | 269.640 | | 0 | 14.920 | 0 | 157.800 | 649.080 | 0 | 39.200 | 0 | 23.250 | 0 | 0 | 26.600 | 41.376 | 0 | 7.870 | 12.879 | 0 |
| D-E | 6.172 | 4.500 | 634.900 | | 70.530 | 18.340 | 0 | 360.420 | 1.161.330 | 504.000 | 112.470 | 0 | 28.950 | 0 | 0 | 31.180 | 69.560 | 11.258 | 13.010 | 33.602 | 8.300 |
| F | 5.415 | 725 | 333.950 | | 6.820 | 19.920 | 0 | 166.690 | 517.800 | 64.490 | 84.680 | 5.000 | 14.390 | 0 | 0 | 36.450 | 87.855 | 16.512 | 0 | 0 | 0 |
| G | 5.501 | 0 | 224.970 | | 0 | 13.050 | 0 | 114.120 | 497.180 | 0 | 34.260 | 5.150 | 8.670 | 0 | 0 | 41.640 | 99.039 | 0 | 8.080 | 22.572 | 0 |
| H | 1.536 | 0 | 56.880 | | 0 | 27.100 | 0 | 22.360 | 536.480 | 0 | 1.670 | 5.750 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I | 1.201 | 725 | 128.430 | | 6.000 | 12.610 | 0 | 60.370 | 343.045 | 65.220 | 34.120 | 3.570 | 0 | 0 | 0 | 10.730 | 16.095 | 4.725 | 1.030 | 2.781 | 2.781 |
| Centro urbano | 0 | 0 | 144.060 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25.000 | 0 | 0 | 0 | 144.060 | 495.000 | 0 |
| K | 1.766 | 0 | 64.750 | | 0 | 3.470 | 0 | 46.630 | 168.050 | 0 | 14.650 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L | 2.455 | 250 | 107.890 | | 3.250 | 6.040 | 0 | 76.800 | 257.600 | 27.840 | 21.800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 0 | 0 | 21.760 | | 3.190 | 0 | 0 | 18.570 | 74.280 | 45.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O | 0 | 0 | 33.770 | | 0 | 1.860 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18.800 | 0 | 0 | 13.110 | 20.340 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P | 0 | 0 | 49.320 | | 0 | 2.180 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47.140 | 4.644 | 0 |
| Q | 0 | 9.054 | 285.680 | | 27.900 | 1.540 | 0 | 182.700 | 642.000 | 642.000 | 29.500 | 0 | 6.840 | 0 | 0 | 28.980 | 50.338 | 27.919 | 8.220 | 12.186 | 0 |
| R | 0 | 0 | 48.510 | | 0 | 4.910 | 3.850 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39.750 | 143.100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S | 941 | 0 | 147.000 | | 13.770 | 5.700 | 10.580 | 47.180 | 120.000 | 108.000 | 16.580 | 0 | 47.200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.990 | 0 | 0 |
| Parco | 0 | 0 | 448.270 | 0 | 14.920 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 433.350 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Totale | 47.944 | 15.254 | 3.595.650 | 604.350 | 131.460 | 181.160 | 14.430 | 1.587.500 | 6.311.205 | 1.456.550 | 489.480 | 33.070 | 597.980 | 25.000 | 307.510 | 691.755 | 60.414 | 253.060 | 617.360 | 11.081 | |

° preesistenti; D-E (San Giorgio); Q (Villaggio S. Agata)

Tab. 5.1 – Dimensionamento dei nuclei di Librino

| Voci | Unità di misura | Valori | Incidenza per abitante |
|--|-----------------|-----------|--------------------------|
| Dati demografici e territoriali generali | | | |
| Abitanti insediabili | n | 47.944 | |
| Abitanti già insediati | n | 15.254 | |
| Superficie territoriale | ha | 420 | |
| Densità territoriale | ab./ha | 150 | |
| Dati fisici delle categorie di opere | | | |
| Infrastrutture viarie | | | |
| Strade interne preesistenti | m ² | 131.460 | |
| di cui sezione stradale tipica | m | 9,5 | |
| Collegamenti stradali tra i nuclei | m ² | 604.350 | |
| di cui sezione stradale tipica | m | 21 | |
| Parcheggi | m ² | 181.160 | 2,9 m ² /ab. |
| Edilizia residenziale | | | |
| Superfici lotti | m ² | 1.587.500 | |
| Cubatura realizzabile | m ³ | 6.236.925 | |
| di cui cubatura preesistente | m ³ | 1.411.550 | |
| Spazi pubblici attrezzati per il verde e lo sport | | | 16,3 m ² /ab. |
| Verde pubblico residenziale | | | |
| Spine verdi | m ² | 489.480 | |
| Verde di rispetto | m ² | 33.070 | |
| Verde urbano e sportivo | | | |
| Verde sportivo | m ² | 373.270 | |
| Parco | m ² | 224.710 | |
| Attrezzature sportive | | | |
| Cubatura realizzabile | m ³ | 25.000 | |
| Attrezzature scolastiche | | | 4,7 m ² /ab. |
| Superfici lotti | m ² | 307.510 | |
| Cubatura realizzabile | m ³ | 691.755 | |
| di cui cubatura preesistente | m ³ | 60.414 | |
| Attrezzature di interesse comune | | | 3,3 m ² /ab. |
| Superfici lotti | m ² | 253.060 | |
| Cubatura realizzabile | m ³ | 617.360 | |
| di cui cubatura preesistente | m ³ | 11.081 | |

Tab. 5.2 – Dati demografici e fisici del piano di zona di Librino (Variante)

In questa pagina e in quella successiva sono riprodotte alcune immagini degli edifici residenziali della città satellite (Figg. 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13).



Fig. 5.10 – *Una veduta dall'alto di Librino* (Sanfilippo et al., 1976)



Fig. 5.11 – *Edifici residenziali in viale S. Teodoro (Librino)*



Fig. 5.12 – *Casermone nella città satellite*



Fig. 5.13 – *Cooperative edilizie in viale Castagnola (Librino)*

5.4 Il Programma Integrato di Intervento di San Cristoforo Sud

Con decreto presidenziale del 15 novembre 2002²⁴⁰ la Regione Sicilia ha approvato l'Accordo di Programma con il Comune di Catania relativo al programma integrato di intervento (P.I.I.)²⁴¹ "San Cristoforo Sud". Esso prevede la riqualificazione della parte meridionale del quartiere popolare di S. Cristoforo, sorto spontaneamente, nella seconda metà dell'Ottocento, ai margini sud-est del centro storico cittadino.

L'ambito di progetto, esteso quasi 38 ettari, può essere idealmente suddiviso in due macro-aree: procedendo da nord a sud, la prima è delimitata da via Trovato e via Barcellona, la seconda da via Barcellona e, all'estremità sud, da via Acquicella Porto (Fig. 5.14).

La prima parte del territorio in questione è contraddistinta da un tessuto urbano popolare compatto, formato da fabbricati storici terranei o a due elevazioni, misti ad edilizia moderna, talvolta abusiva, di scarso o nessun pregio architettonico.

La seconda area, servita ad ovest dalla linea ferroviaria con la stazione "Acquicella", oggi scarsamente utilizzata per il trasporto di merci e persone, e, ad est, dal porto, costituiva parte della storica zona industriale catanese, in seguito destinata dal piano Piccinato all'attività artigianale²⁴². In essa sono ancora visibili alcuni esempi di archeologia industriale, opifici e magazzini, testimonianze della passata attività produttiva, insieme a costruzioni recenti, precarie, delle quali molte ormai in disuso e in evidente stato di degrado, altre ancora operanti principalmente come falegnamerie, ferramenta, carrozzerie e depositi; sono preminenti, però, gli spazi interstiziali, tra un manufatto e l'altro, occupati dalle macerie e dai rifiuti (Figg. 5.15, 5.16, 5.17 e 5.18).

L'elevato grado di disagio socio-culturale, ambientale ed economico di San Cristoforo emerge chiaramente dall'analisi della quantità di spazi pubblici attrezzati ed attività collettive esistenti, assolutamente inadeguata alla popolazione residente (3.845 abitanti in base al censimento Istat del 1991): da un'indagine sul campo si rilevano esclusivamente scuole dell'obbligo ed istituzioni religiose con una dotazione rispettivamente pari a 2,10 m²/ab. e 4,5 m²/ab. Nonostante la scarsa presenza delle istituzioni gli abitanti hanno sviluppato un forte radicamento nel territorio; inoltre, gli esercizi commerciali al dettaglio e all'ingrosso, gli stabilimenti artigianali di mobilia conferiscono al quartiere una certa vitalità.

L'obiettivo fondamentale di questo programma integrato di intervento²⁴³ consiste nel risanamento e nella densificazione delle aree sottoutilizzate del tessuto urbano di S. Cristoforo, con l'intento, però, di mantenerne le caratteristiche popolari, evitando quindi azioni drastiche che potrebbero causare l'espulsione dei ceti più disagiati, mediante i seguenti

²⁴⁰ GURS n. 56 del 6 dicembre 2002. Il programma è stato approvato dall'amministrazione comunale con delibera n. 1540 del 27 luglio 1998.

²⁴¹ I Programmi Integrati di Intervento vengono introdotti dall'art. 16 della Legge n. 179 del 1992 e dall'art. 5 comma 2 della Delibera CIPE del 16 marzo 1994.

²⁴² art. 28 del regolamento edilizio, PRG di Catania.

²⁴³ Il gruppo di progettazione è costituito dall'arch. R. Pelleriti, e dai geometri C. Giammona, G. Pennini, A. Solerte, G. Tornello; dirigente: ing. M. Palermo (Comune di Catania, Settore Pianificazione Urbanistica).

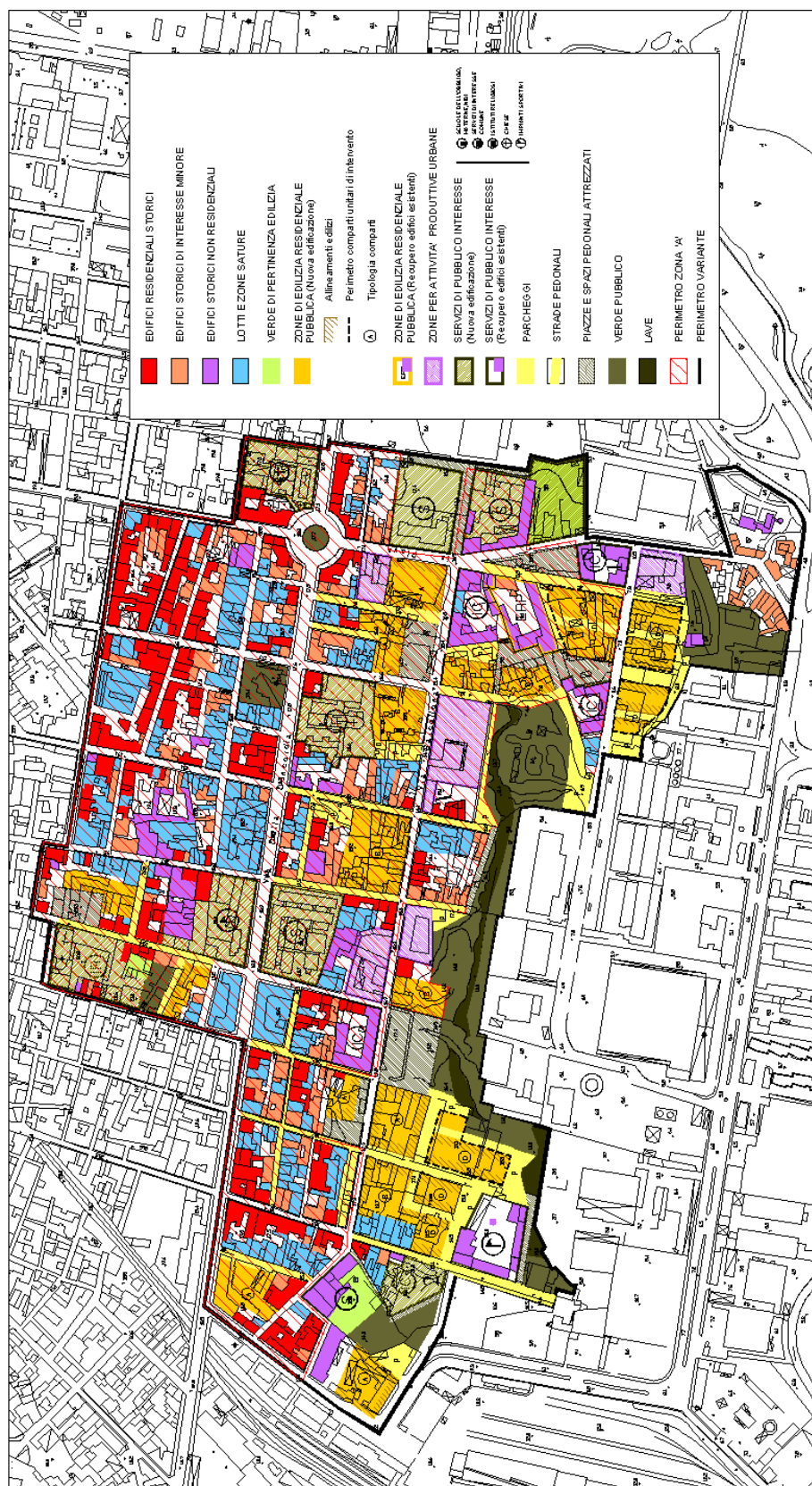


Fig. 5.14 – Planimetria del programma integrato di intervento di S. Cristoforo Sud (Comune di Catania, Settore Pianificazione Urbanistica)



Fig. 5.15 – *Edilizia residenziale nel rione di S. Cristoforo Sud*



Fig. 5.16 – *Aree degradate a S. Cristoforo Sud*



Fig. 5.17 – Resti murari in *Via Crocifisso* (*S. Cristoforo Sud*)



Fig. 5.18 – *Edilizia storica da recuperare* in *via Belfiore* (*S. Cristoforo Sud*)

interventi, da attuare anche mediante il ricorso a forme di concertazione pubblico-privato:

- a) edificazione di 500 alloggi residenziali pubblici, agevolati, convenzionati e sovvenzionati, con tipologia edilizia prevalentemente a schiera e in linea, nei vuoti urbani e risanamento del patrimonio edilizio privato esistente tramite agevolazioni finanziarie.
In base a dei conteggi effettuati dai progettisti, ciò consentirebbe l'insediamento di 2.177 ulteriori abitanti che, sommati ai 3.845 abitanti attualmente residenti, dei quali però 250 occupano alloggi da demolire, e ai 374 collocabili in alloggi oggi inutilizzati, darebbero un totale di 6.146 abitanti;
- b) recupero e conversione dei manufatti produttivi storici che possiedono una certa dignità architettonica in attrezzature collettive, al fine di colmarne la grave carenza;
- c) autorizzazione all'insediamento di attività produttive compatibili con il contesto urbano, al fine di mantenere e regolarizzare quella situazione di "mixité" funzionale già presente nel quartiere;
- d) creazione di spazi pubblici da destinare a verde attrezzato e piazze;
- e) riqualificazione di alcuni tratti del sistema viario con eventuale rifacimento o realizzazione ex-novo dei relativi sottoservizi;
- f) inserimento di parcheggi a raso.

È stato quindi necessario predisporre una Variante al P.R.G., le cui indicazioni non concordavano con gli interventi di edilizia residenziale pubblica.

In tabella 5.3 ho riportato i principali dati demografici e territoriali concernenti S. Cristoforo Sud. Inoltre, per ogni categoria di opere sono stati specificati: la quantità fisica, la cubatura da realizzare e la relativa incidenza per abitante. Si avrebbe quindi una dotazione di: 1,3 m²/ab. di aree da destinare ai parcheggi, 10 m²/ab. di verde pubblico, 4,2 m²/ab. da assegnare alla attrezzature di interesse comune, 3,6 m²/ab. di aree per l'istruzione, 1,8 m²/ab. per gli impianti sportivi, per un totale complessivo di 20,9 m²/ab.

I lotti residenziali e misti sono stati distinti in due tipologie: in linea (A) e a schiera (B).

La tabella 5.4 rappresenta l'elenco dettagliato delle opere previste ed esistenti. Per ognuna di esse è stato indicato con i numeri 1, 2 o 3, lo stato dei lavori in riferimento ad una delle seguenti, rispettive fasi di attuazione del programma:

- 1) la prima, a cui appartengono le opere in corso di realizzazione o in procinto di esserlo, per le quali si dispone della totale copertura finanziaria;
- 2) la seconda costituita dalle opere incluse nell'ultima programmazione triennale del Comune di Catania e non inserite nella prima fase, da realizzare con fondi statali e regionali;
- 3) la terza, più lontana nel tempo.

| Voci | Unità di misura | Quantità | Incidenza per abitante |
|---|-----------------|----------|------------------------|
| Dati demografici e territoriali generali | | | |
| Abitanti insediabili | n | 2.177 | |
| Abitanti già insediati | n | 3.969 | |
| Superficie territoriale | ha | 38 | |
| Densità abitativa | ab./ha | 162 | |
| Dati fisici delle categorie di opere | | | |
| Sistemazione generale | | | |
| Piazze e spazi pedonali attrezzati | m ² | 17.330 | |
| Pedonalizzazione di via S. Maria delle Salette | m ² | 468 | |
| <i>Rifacimento sottoservizi</i> | | | |
| Via della Concordia | ml | 1.038 | |
| zona Cordai-Concordia tratto 1 | ml | 813 | |
| zona Cordai-Concordia tratto 2 | ml | 513 | |
| via Mulino a vento e limitrofe | ml | 2.692 | |
| <i>Parcheggi</i> | m ² | 7.763 | 1,3 mq/ab. |
| Edilizia residenziale | | | |
| Superfici lotti A (in linea) | m ² | 28.345 | |
| Superfici lotti B (a schiera) | m ² | 17.837 | |
| Cubatura da realizzare in A | m ³ | 213.724 | |
| Cubatura da realizzare in B | m ³ | 83.611 | |
| Verde pubblico | | | |
| Aree di verde attrezzato | m ² | 23.462 | 10 mq/ab. |
| Parco | m ² | 37.738 | |
| Attrezzature sportive | | | |
| Superfici lotti | m ² | 11.037 | 1,8 mq/ab. |
| Cubatura da realizzare mediante recupero | m ³ | 30.847 | |
| Attrezzature scolastiche | | | |
| Superfici lotti | m ² | 22.105 | 3,6 mq/ab. |
| Cubatura da realizzare ex novo | m ³ | 1.523 | |
| Cubatura da realizzare mediante recupero | m ³ | 21.758 | |
| Attrezzature di interesse comune | | | |
| Superfici lotti | m ² | 25.549 | 4,2 mq/ab. |
| Cubatura da realizzare ex novo | m ³ | 5.291 | |
| Cubatura da realizzare mediante recupero | m ³ | 22.864 | |

Questa tabella è stata compilata interpretando e rielaborando informazioni e dati contenuti nel programma integrato "San Cristoforo Sud".

Tab. 5.3 – Dati demografici e fisici del PII di S. Cristoforo Sud

| CATEGORIA | DENOMINAZIONE | FASE DI ATTUAZIONE PROGRAMMA | ESTENSIONE INTERVENTO | U. DI MISURA |
|---|--|------------------------------|-----------------------|----------------|
| SISTEMAZIONE GENERALE | Realizzazione di una piazza nello spazio antistante l'oratorio S. Maria delle Salette | 1 | 1.457 | m ² |
| | Completamento di una piazza in via Barcellona | 1 | 3.919 | m ² |
| | Riqualificazione urbana della piazza Caduti del Mare | 2 | 470 | m ² |
| | Pedonalizzazione di via S. Maria delle Salette e limitrofe | 1 | 468 | m ² |
| | Altre piazze e spazi pedonali attrezzati | 3 | 11.484 | m ² |
| RIFACIMENTO E/O REALIZZAZIONE SOTTOSERVIZI | Via della Concordia | 1 | 1.038 | ml |
| | zona Cordai-Concordia tratto 1 | 1 | 813 | ml |
| | zona Cordai-Concordia tratto 2 | 1 | 513 | ml |
| | via Mulino a vento e limitrofe | 1 | 2.692 | ml |
| PARCHEGGI° | | 3 | 7.763 | m ² |
| VERDE PUBBLICO | Realizzazione area a verde attrezzato in via De Lorenzo | 1 | 1.000 | m ² |
| | Realizzazione di area a verde attrezzato in via delle Ondine | 1 | 1.534 | m ² |
| | Realizzazione di altre aree a verde attrezzato | 3 | 20.928 | m ² |
| | Parco | 3 | 37.738 | m ² |
| ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE | Recupero edificio in via Belfiore da destinare a servizio socio – culturale | 1 | 2.499 | m ² |
| | Realizzazione edificio tra via Barcellona e via Belfiore da destinare a centro culturale, asilo nido, scuola materna | 1 | 2.413 | m ² |
| | Recupero edificio in via Crocefisso | 2 | 1.564 | m ² |
| | Recupero edificio tra via delle Ondine e via Plaja | 2 | 1.816 | m ² |
| | Istituti religiosi, Chiese | esistenti | 14.133 | m ² |
| | Centro socio-culturale tra via Barcellona e via Plaja | esistenti | 3.124 | m ² |
| ATTREZZATURE SCOLASTICHE | Recupero edificio in via Barcellona | 2 | 8.359 | m ² |
| | Recupero edificio in via Lattea | 3 | 3.147 | m ² |
| | Completamento della scuola elementare in via Plaja | 2 | 2.517 | m ² |
| | Altre scuole dell'obbligo | esistenti | 8.082 | m ² |
| ATTREZZATURE SPORTIVE | Recupero edificio in via Pegaso | 2 | 4.302 | m ² |
| | Recupero edificio in via della Concordia | 3 | 6.735 | m ² |
| EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA | Lotti A (in linea) | 3 | 28.345 | m ² |
| | Lotto B (a schiera) in via S. M. delle Salette | 1 | 1.050 | m ² |
| | Altri lotti B (a schiera) | 3 | 16.787 | m ² |

Questa tabella è stata compilata interpretando e rielaborando informazioni e dati contenuti nel Programma Integrato "San Cristoforo Sud".

°Negli interventi di demolizione e ricostruzione si prevede l'assegnazione di spazi privati da destinare ad ulteriori parcheggi al servizio dei residenti e degli utenti.

Tab. 5.4 – Descrizione delle opere esistenti e previste a S. Cristoforo Sud

5.5 Metodologia adottata

Il procedimento che ho approntato per valutare i costi eMergetici presunti di ognuno dei due interventi insediativi esaminati è stato strutturato nei seguenti stadi operativi:

- 1) individuazione del *sistema insediativo*, delimitazione dei suoi confini e interazioni con l'ambiente esterno;
- 2) suddivisione del sistema nei *sub-sistemi funzionali* delle residenze, infrastrutture, attrezzature collettive e spazi pubblici;
- 3) costruzione del *diagramma eMergetico* evidenziando gli input di energia e materia utilizzate per effettuare le trasformazioni edilizie (output);
- 4) introduzione di eventuali ipotesi di lavoro semplificatrici;
- 5) raccolta sistematica, selezione, classificazione, elaborazione e presentazione dei dati su:
 - caratteristiche del suolo (conformazione geomorfologica; usi del suolo);
 - densità territoriale prevista dal piano;
 - dimensionamento, caratteristiche tecniche e fisiche delle opere di urbanizzazione primarie e secondarie;
 - dimensionamento, caratteristiche tecniche e fisiche degli interventi di edilizia residenziale (tipologie: a schiera, in linea, ecc.).
- 6) individuazione, per ciascun gruppo di opere, di un progetto dalle proprietà tecniche, funzionali e costruttive tradizionali, da assumere come modello di riferimento;
- 7) deduzione dal computo metrico estimativo del progetto-tipo delle quantità dei materiali impiegati (input), ossia elaborazione del *bilancio di massa* di ogni progetto-tipo;
- 8) conversione dei valori di massa dei materiali in eMergia, mediante *transformity* reperite in letteratura o costruite ad hoc, ossia *Analisi EMergetica* di ogni progetto-tipo;
- 9) calcolo delle *transformity* dei progetti-tipo, ovvero del costo eMergetico parametrico per unità di consistenza (sej/m^3 , sej/m^2 o sej/ml);
- 10) stima del costo eMergetico totale di ogni gruppo di opere e, infine, del *costo eMergetico totale e pro capite* dell'intervento.

In Fig. 5.19 la suddetta metodologia è stata schematizzata graficamente mediante un diagramma a blocchi.

Pertanto, per risolvere il quesito estimativo della determinazione del più probabile valore di costo eMergetico di ciascuno dei due piani ho seguito il procedimento che C. Forte definisce "per valori unitari tipici"²⁴⁴ con la differenza che, anziché trasformare le unità fisiche in valori economici ho convertito le unità fisiche in valori eMergetici. Ho quindi proposto costi unitari eMergetici riferiti al metro lineare per la viabilità di piano, al metro quadrato per i parcheggi ed il verde pubblico ed al metro cubo vuoto per pieno relativamente agli edifici destinati alle residenze e alle attrezzature collettive.

²⁴⁴ Forte C. (1971), *cit.*, p. 294.

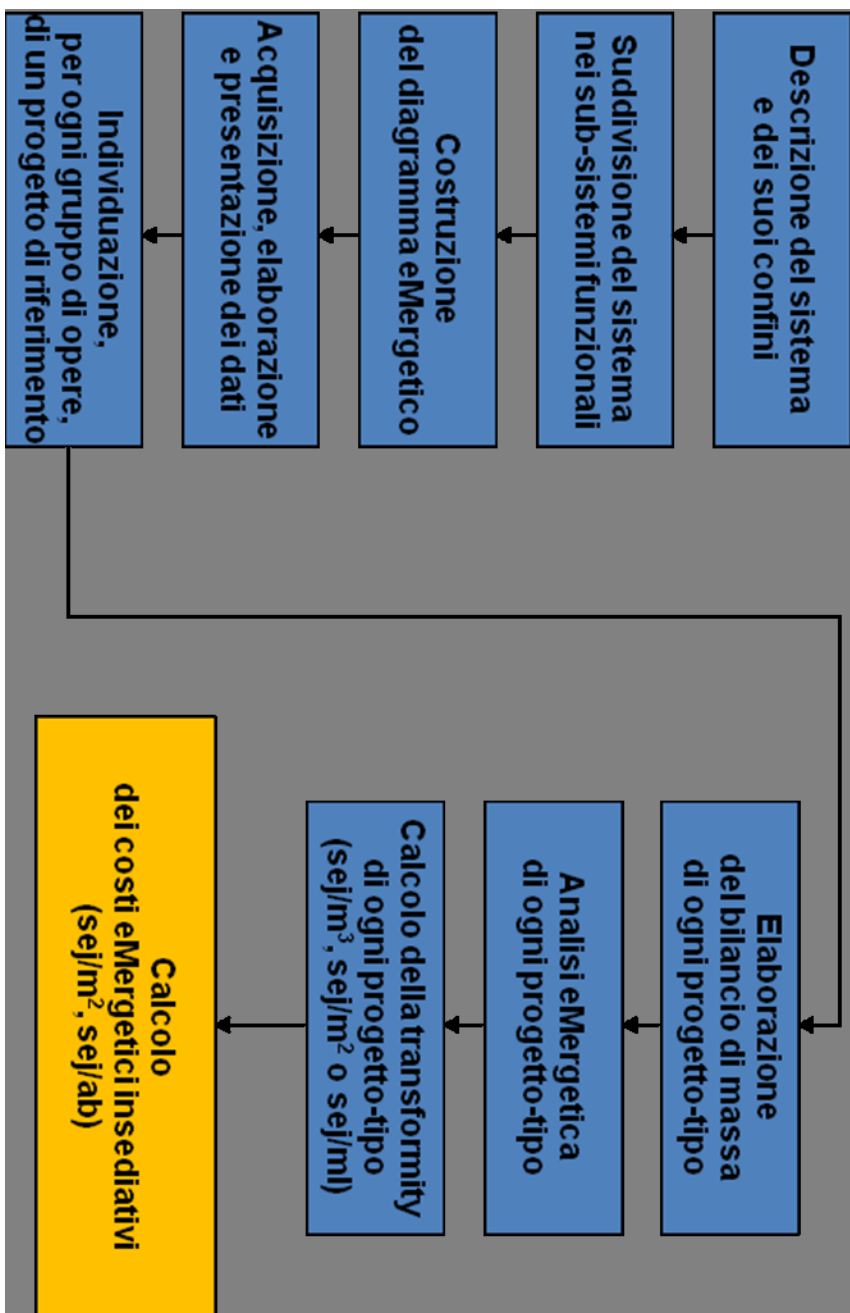


Fig. 5.19 – Diagramma a blocchi delle fasi della metodologia adottata per valutare i costi eMergetici ex ante dei due piani

Il diagramma eMergetico (Fig. 5.20), elaborato ricorrendo ai simboli codificati da H. T. Odum, rappresenta la fase della realizzazione di ognuno dei due interventi. Dall'interazione dei flussi di energia e materiali (rappresentata dal simbolo della freccia) scaturisce la formazione e il "deposito" delle opere edili (da cui ne consegue il simbolo del serbatoio), suddivise in residenze, infrastrutture, attrezzature collettive e spazi pubblici attrezzati. Gli interventi di preparazione delle aree di sedime dei manufatti, ossia la demolizione degli eventuali fabbricati preesistenti e lo scavo dei terreni, l'inevitabile produzione di scarti di materiali, durante la fase di costruzione, conducono all'accumulo di rifiuti da portare in discarica. Inoltre nel diagramma sono presenti anche delle frecce che vanno verso il basso: esse indicano la perdita entropica di materiali ed energia.

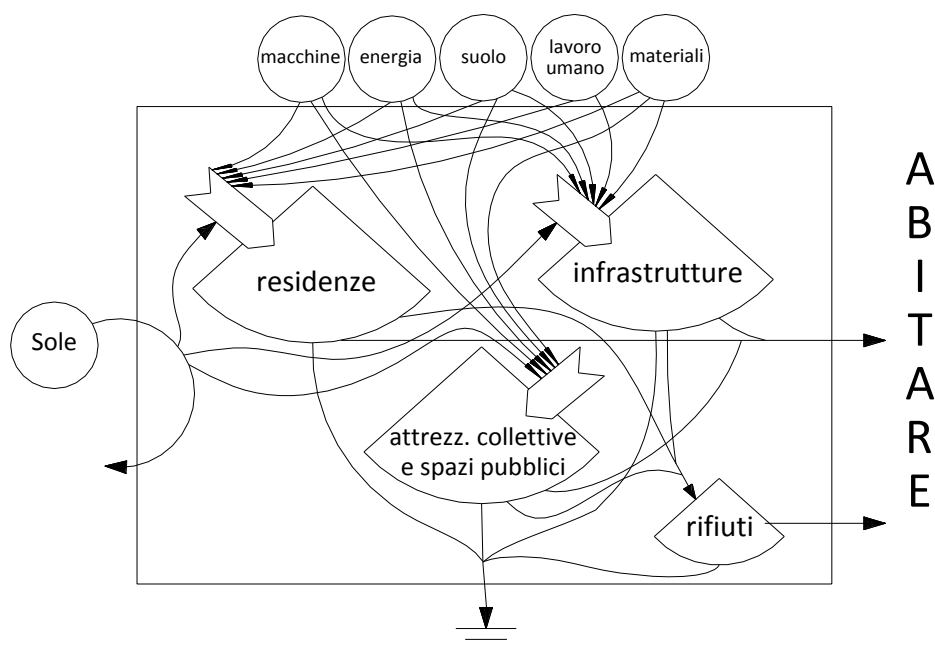


Fig. 5.20 – Diagramma eMergetico della fase di costruzione di ognuno dei due interventi

I dati concernenti gli abitanti già insediati e da insediare, la suddivisione funzionale delle aree per ciascun nucleo e le indicazioni relative a ciascun lotto riguardanti la superficie, la cubatura preesistente o prevista e la destinazione d'uso, sono state desunte consultando gli elaborati del piano oltre che da accertamenti mediante sopralluoghi. Ulteriori colloqui con i progettisti della Variante di Librino mi hanno aiutato a comprendere gli adattamenti sopravvenuti nel piano dalla sua ideazione ad oggi, dovendo la sua immensa mole scontrarsi, per un verso, con i limitati budget finanziari della città e, per un altro, con il continuo sorgere di ulteriore edilizia abusiva. In tabella 5.1 ho riportato queste informazioni raggruppate per nucleo, dedicando al "centro urbano" una voce a se stante, sebbene faccia parte dei nuclei H ed I, allo scopo di rimarcare le superfici e

cubature destinate alle attrezzature collettive. Nella mia indagine ho esaminato solo le opere previste dal piano e non quelle già esistenti: è stato stimato, cioè, il costo eMergetico degli interventi che si rendono necessari per porre rimedio alle carenze dei quartieri da mantenere, ospitanti oltre 15.000 abitanti, e per erigere i rimanenti nuclei dove alloggiare ulteriori 48.000 abitanti circa. Nella tabella n. 5.1 gli abitanti già insediati sono riportati infatti solo in corrispondenza dei nuclei spontanei D-E, F, I, L e di Q (Villaggio S. Agata). Il ragionamento è analogo per le strade interne che sono state indicate solo nei nuclei suddetti e nei nuclei N ed S che ospitano anche qualche attività artigianale. La dicitura “viabilità di piano” si riferisce invece alle arterie di collegamento tra i nuclei.

Allo stato attuale quasi tutta la cubatura residenziale e scolastica è stata completata a differenza del centro urbano, del verde pubblico residenziale e del verde urbano e sportivo rimasti praticamente sulla carta.

5.6 I progetti di riferimento per le categorie di opere edili previste nei due insediamenti abitativi

Per ciascuna categoria di opere edili previste nel piano di zona di Librino mi sono riferita ai seguenti progetti-tipo esecutivi:

- per le *opere a rete*²⁴⁵ (sovrastruttura stradale, fognatura, acquedotto, gas, distribuzione elettrica, telefonica, illuminazione pubblica, parcheggi) è stato esaminato il progetto di un tratto di viabilità di collegamento tra nuclei abitativi (viale San Teodoro), con sede stradale a due carreggiate separate, larga 21 metri (si riporta in Fig. 5.21 la sezione tipo) e parcheggi a raso con disposizione a pettine. Il sistema di fognature è del tipo separato: le acque bianche sono incanalate in specchi ovoidali in cemento rotocompresso, le nere in tubazioni circolari in gres ceramico. Le reti potabile e irrigua e del gas metano sono costituite da tubazioni in ghisa e in acciaio. Il rivestimento delle superfici carrabili, in conglomerato bituminoso, si alterna al calcestruzzo vibrato degli elementi prefabbricati dei marciapiedi e alla pavimentazione del tipo Macadam all’acqua dei posti auto.
- Per gli *edifici sportivi* è stato considerato il progetto della palestra da situare nel centro urbano di Librino, con struttura in cemento armato, tamponamenti e tramezzature in laterizi forati, solai misti, copertura con travatura reticolare in acciaio, infissi esterni in alluminio. La superficie coperta e la cubatura edilizia sono pari rispettivamente a 1.400 m² e 15.300 m³ circa. Delle dimensioni utili di m 19x32 e altezza massima 12 m, essa si sviluppa su due elevazioni ed è completa dei

²⁴⁵ “Opere a rete sono le dotazioni infrastrutturali necessarie per conferire idoneità tecnica agli insediamenti. A questa categoria appartengono: strade, parcheggi, trasporti pubblici, fognature, acquedotti, distribuzione elettrica, telefoni, illuminazione pubblica, gas”. (Stanghellini S. (1990), *cit.*, p. 19).

L’art 3 comma 1 del Decreto del Presidente della Repubblica del 5 ottobre 2010 n. 207 riporta nei punti f) e g) le seguenti definizioni: “f) opere o lavori puntuali: quelli che interessano una limitata area di terreno; g) opere o lavori a rete: quelli che, destinati al movimento di persone e beni, presentano prevalente sviluppo unidimensionale ed investono vaste estensioni di territorio”.

necessari annessi funzionali, quali depositi, gradinate, servizi igienici e spogliatoi (Fig. 5.22).

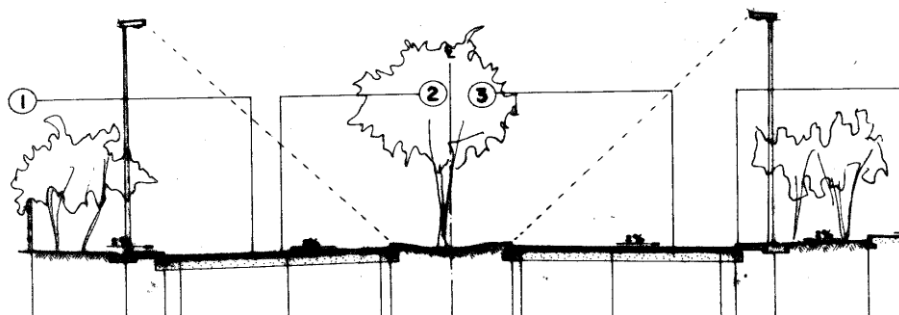


Fig. 5.21 – Sezione stradale tipica dei collegamenti viari tra i nuclei a Librino (STA progettati)

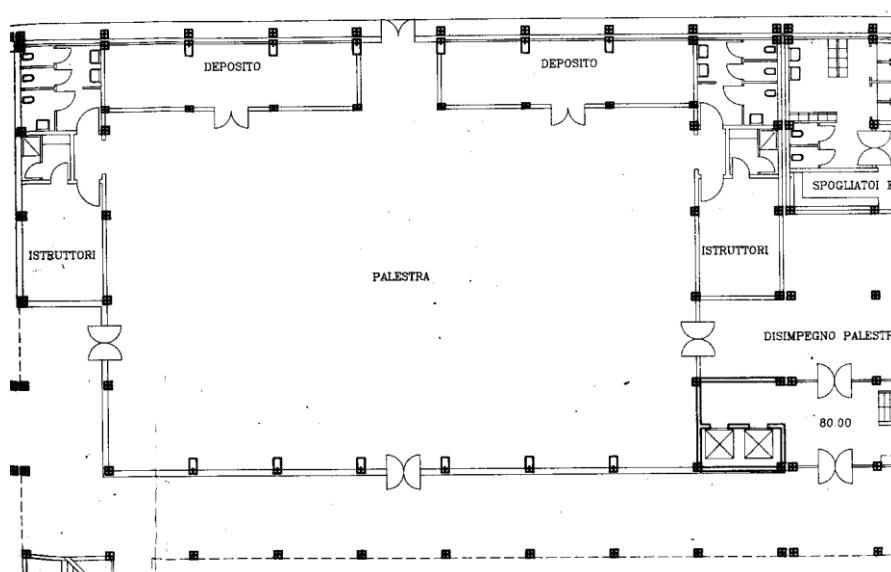
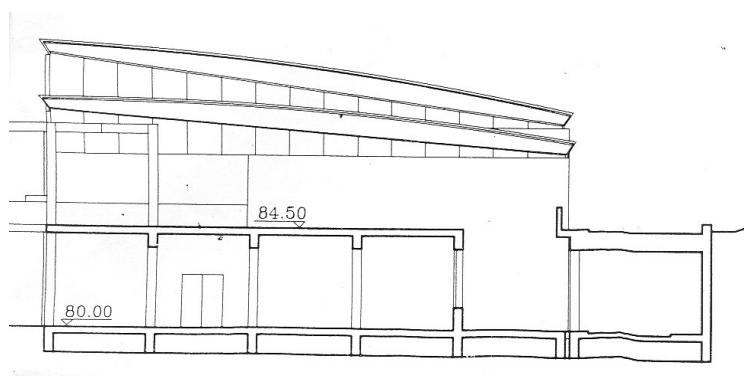


Fig. 5.22 – Stralci del progetto del Centro direzionale sportivo polivalente a Librino (STA progettati)

- Per le *attrezzature collettive* (scuole e di interesse comune) sono stati analizzati gli elaborati progettuali relativi ad un edificio scolastico destinato all'infanzia con struttura in cemento armato, tamponamenti e tramezzature in blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa e laterizi forati, solai misti, manto di copertura in laterizio e orditura in legno di abete. Il fabbricato, ad una elevazione per un'altezza media di 5 m, ha una superficie coperta di 712 m² e cubatura di 2.873 m³ (Fig. 5.23).

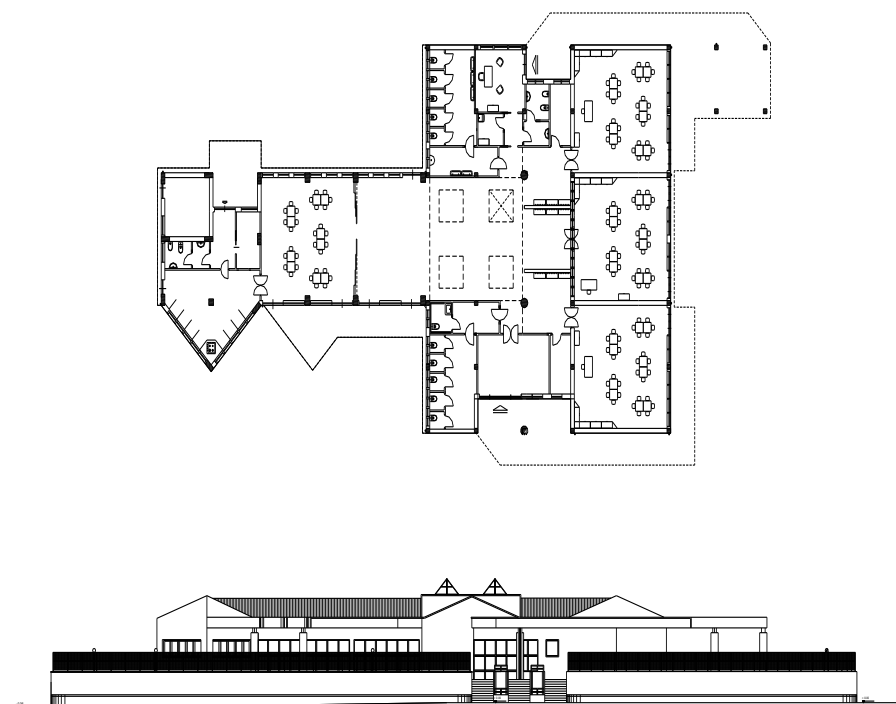


Fig. 5.23 – Planimetria e prospetto principale dell'edificio scolastico per l'infanzia "S. Francesco"

- per le aree di verde pubblico residenziale (*spine verdi*), nelle quali si alternano ai sentieri pedonali e ai piazzali le zone alberate e per il gioco all'aperto²⁴⁶, il costo eMergetico è stato stimato valutando sia il progetto di un parco ubicato nel comune di Catania²⁴⁷ che di uno spazio pubblico attrezzato di viale Nitta. Nel parco, avente una superficie 90.000 m², prevalgono gli spazi naturali con vegetazione arborea ed arbustiva autoctone e le poche opere edilizie sono limitate alle vie pedonali lastricate di basalto lavico, alle aree per la sosta e il gioco dei bambini, ai locali tecnici e per i servizi igienici, agli impianti di irrigazione e distribuzione dell'acqua potabile e di illuminazione. Nello

²⁴⁶ STA progetti (1997), *Norme tecniche di attuazione e tipi edilizi del piano di zona di Librino*, p. 9.

²⁴⁷ XVII Settore LLPP, Comune di Catania (1994), *Parco urbano "Gioieni"*.

spazio pubblico attrezzato a piazze, percorsi pedonali ed aiuole, di superficie 4.865 m², la pavimentazione è in battuto cementizio e campigiane e le orlature in pietra lavica (Fig. 5.24).

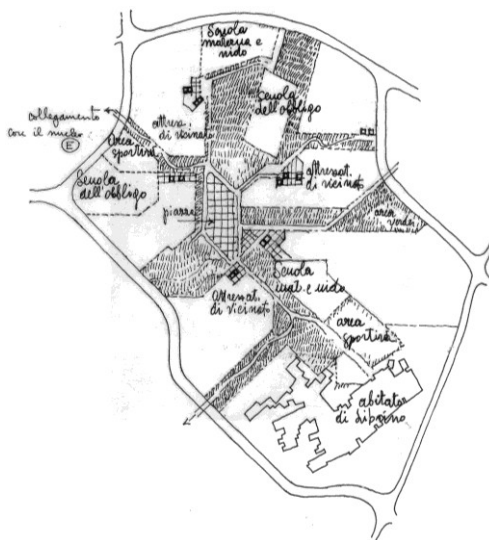


Fig. 5.24 – Progetto del sistema di spine verdi del nucleo F a Librino (STA Progetti)

- Per le aree di *verde urbano e sportivo*, destinate al parco vero e proprio e agli impianti sportivi all'aperto, ho preso in considerazione i progetti del parco urbano descritto nella voce precedente e di un campo di gioco polivalente previsto su viale Nitta, di superficie 1.657 m², con pavimentazione elastica in pvc, comprensivo di annessa gradonata in calcestruzzo e coronamento in terra battuta.
- Per gli *edifici residenziali e misti* si è fatto riferimento al già noto studio effettuato da Pulselli R. M. et al. (2007) (nelle Figg. 5.1 e 5.2 alcune immagini del progetto).

Inoltre, nelle operazioni preliminari di scavo di ciascun intervento è stata stimata la perdita di eMergia relativa al consumo di suolo, originariamente occupato da seminativi e pascoli: considerando la densità del terreno argilloso sabbioso di 1,6x10⁶ g/m³, la concentrazione del 3% per le sostanze organiche presenti sino ad un metro di profondità, il contenuto energetico di 5 kcal/g e la transformity di 1,24x10⁵ sej/J, si ha:

EMergia persa per il consumo di suolo =

$$\begin{aligned}
 & (\text{superficie}) \cdot (\text{profondità}) \cdot (\text{densità}) \cdot (\% \text{ sostanze organiche}) \cdot (\text{contenuto energetico sostanze organiche}) \cdot (\text{J/kcal}) \cdot (\text{transformity}) = \\
 & \text{superficie (m}^2\text{)} \cdot 1 \text{ (m)} \cdot 1,6 \times 10^6 \text{ (g/m}^3\text{)} \cdot 0,03 \cdot 5 \text{ (kcal/g)} \cdot 4.186 \text{ (J/kcal)} \cdot 1,24 \times 10^5 \text{ (sej/J)}
 \end{aligned}$$

Per quanto riguarda il PII di San Cristoforo Sud si è proceduto stimando i costi eMergetici dei seguenti interventi:

- realizzazione del *sistema fognario e rifacimento del manto stradale* in conglomerato bituminoso di via della Concordia (1.038 ml), zona Cordai-Concordia (1.325 ml), via Mulino a vento e strade limitrofe (2.692 ml). Dalla consultazione degli elaborati progettuali predisposti dal settore LLPP del comune di Catania sono state desunte le quantità di materiali impiegati nella rete fognaria prevalentemente mista e nei relativi manufatti a corredo (pozzetti di ispezione, caditoie stradali, pozzetti sifonati, ...). In particolare, in via Della Concordia sono stati previsti: specchi ovoidali in calcestruzzo nel tratto a monte dello sfioratore (da via S. Maria delle Salette a via Adamo); condotte in calcestruzzo, a sezione rettangolare, per le acque meteoriche e in gres, a sezione circolare, per le acque nere, nel tratto a valle dello sfioratore (da via Adamo fino a via Acquicella Porto). Nella zona Cordai-Concordia, da via Giuntini a via Barcellona, la fognatura è del tipo misto, con la tubazione in gres, mentre da via delle Ondine a via Crocifisso è del tipo separato, con le tubazioni delle acque bianche in polietilene e nere in gres. In via Mulino a vento e aree limitrofe la fognatura ripete lo schema della rete di via Della Concordia (Fig. 5.25).

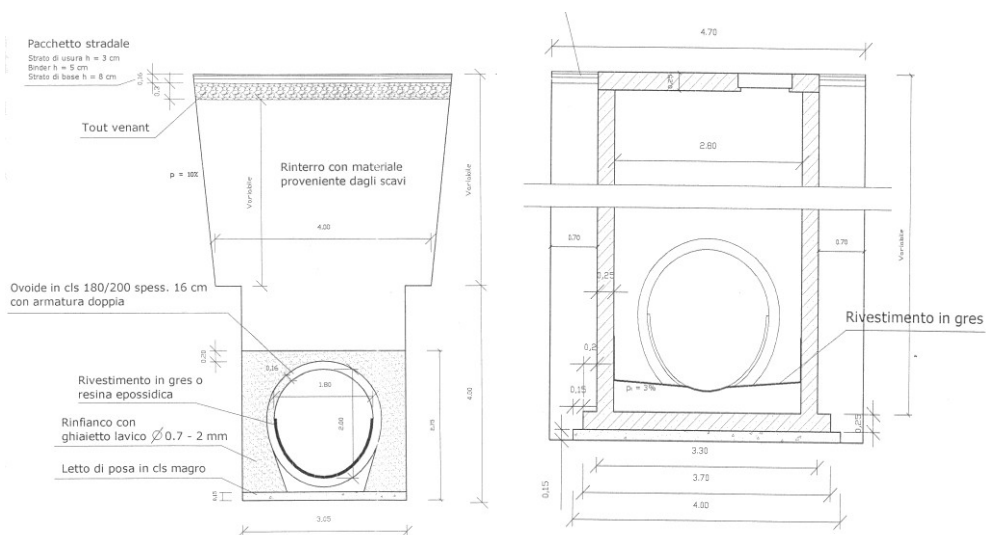


Fig. 5.25 – Specchi ovoidali e pozzetto di ispezione del progetto di realizzazione delle fognature in via della Concordia (Comune di Catania)

- *Pedonalizzazione di via S. Maria delle Salette e limitrofe*, inclusa la costruzione della rete fognaria (468 m²). Il progetto consiste nella trasformazione di tale sistema viario in pedonale, attrezzandolo con verde e con elementi di arredo urbano. La pavimentazione esistente in basolato lavico è stata recuperata ed integrata, dove necessario, con nuovi elementi (Fig. 5.26).

- Riqualificazione e/o inserimento di esistenti e/o nuove *piazze e spazi pedonali attrezzati* mediante i quali gli autori del PII si propongono di ricucire la città consolidata. Per questa tipologia di opere edilizie l'esempio studiato è piazza Barcellona, di superficie 3.920 m², contraddistinta dall'alternanza cromatica tra le alberature disposte in filari e la pietra lavica e il travertino delle pavimentazioni (Fig. 5.27).
- Inserimento di *parcheggi* a raso con una estensione totale di 7.763 m²; la loro valutazione eMergetica è identica a quella del parcheggio di Librino.

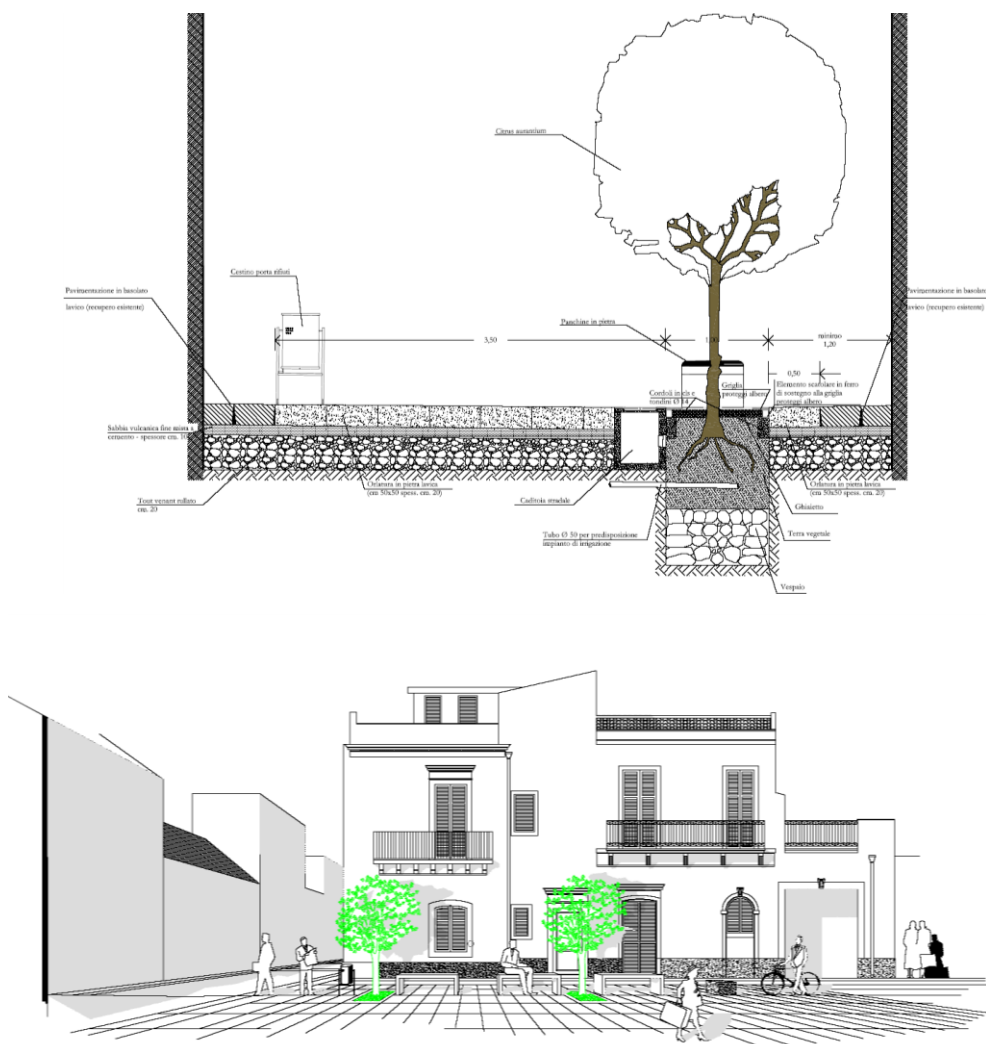


Fig. 5.26 – Sezione stradale e vista prospettica del progetto di riqualificazione di via S. Maria delle Salette e limitrofe (Comune di Catania)

- Creazione di spazi destinati a *verde attrezzato*. È stato esaminato il progetto-tipo relativo alla sistemazione a verde di un'area ubicata in via Delle Ondine (superficie: 1.530 m²). Allo stato attuale essa è fortemente degradata per la presenza di relitti murari e accumuli di

rifiuti dei quali si prevede la rimozione per insediare attività destinate al gioco all'aperto (Fig. 5.28).

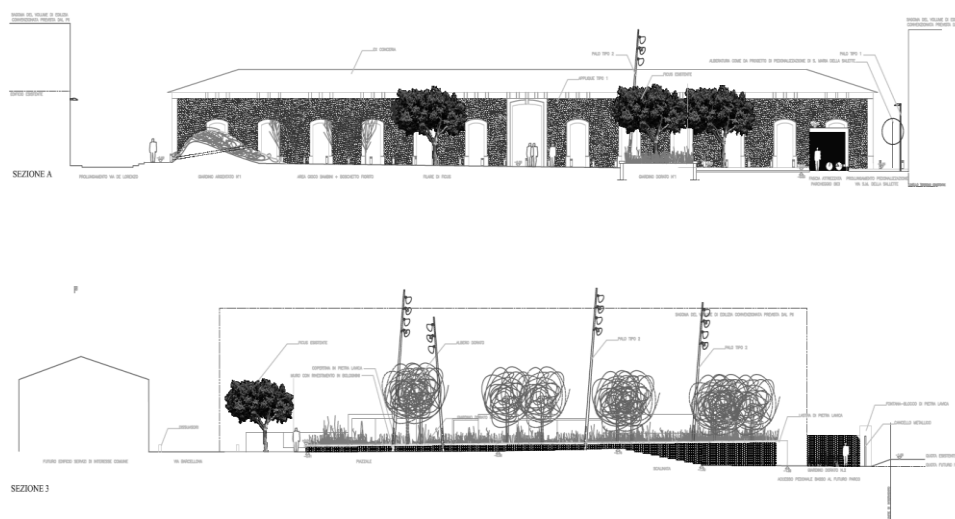


Fig. 5.27 – Sezioni del progetto di piazza Barcellona (Comune di Catania)

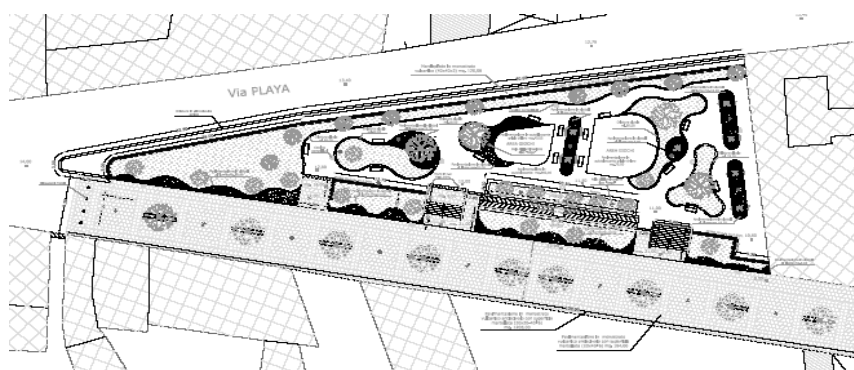


Fig. 5.28 – Planimetria del progetto di sistemazione ad area a verde in via delle Ondine (Comune di Catania)

- Realizzazione del *parco* nelle aree di una cava dismessa di basalto lavico originario della colata storica del 1669 (superficie: 37.738 m²). Il modello di riferimento è il parco di Librino.
- Costruzione di *edilizia residenziale* pubblica in linea e a schiera. Per la prima tipologia ho ripreso i risultati dello studio di Pulselli et al. (2007), più volte citato in questo capitolo, mentre per la seconda è stato esaminato il progetto della stecca di 7 alloggi unifamiliari prospiciente piazza S. Maria delle Salette. Su due elevazioni, con superficie coperta di 430 m² e cubatura di 3.100 m³ circa, il fabbricato ospita al piano terra anche locali condominiali e destinati al commercio al dettaglio e attività artigianali. Esso è caratterizzato da una struttura in calcestruzzo armato, solai misti, copertura piana, murature di tamponamento in

blocchi di calcestruzzo alleggerito, tramezzature con laterizi forati ed infissi in alluminio (Fig. 5.29).

- Recupero e conversione di edifici produttivi storici minori in *attrezzature collettive*. Il costo eMergetico è stato desunto dall'analisi del progetto di rifunzionalizzazione dell'ex cinematografo "Midulla", sito in via Belfiore, a centro sociale e ricreativo. Si tratta di un fabbricato originariamente censito al catasto come "immobile a destinazione speciale" (gruppo D, categoria D/3), su due elevazioni, di cubatura 4.900 m³, in condizioni di avanzato degrado, sul quale occorre effettuare sia un complesso di interventi di risanamento dell'apparecchiatura tecnico-costruttiva che modifiche architettoniche e impiantistiche. Vengono pertanto previsti lavori di consolidamento della struttura portante in muratura tradizionale mediante innesti di mattoni pieni e malta cementizia con metodo "cuci e scuci", sarcitura delle lesioni, applicazione di rete elettrosaldata, formazione di cordoli in calcestruzzo armato di coronamento delle pareti perimetrali. Sono stati inoltre valutati il rifacimento dei solai, del tetto a due falde con orditura in legno e manto di copertura di tegole laterizie, dell'impermeabilizzazione con guaina bituminosa del terrazzo del corpo basso, la sostituzione degli infissi, delle soglie e dei rivestimenti dei gradini in lastre di marmo e pietra lavica (Fig. 5.30).



Fig. 5.29 – Pianta del piano terra e prospetto ovest del progetto degli alloggi a schiera su piazza S. Maria delle Salette (Comune di Catania)

- Nuova edificazione di manufatti da destinare ad *attrezzature scolastiche e di interesse comune*, i cui costi eMergetici provengono dagli stessi progetti-tipo di Librino.

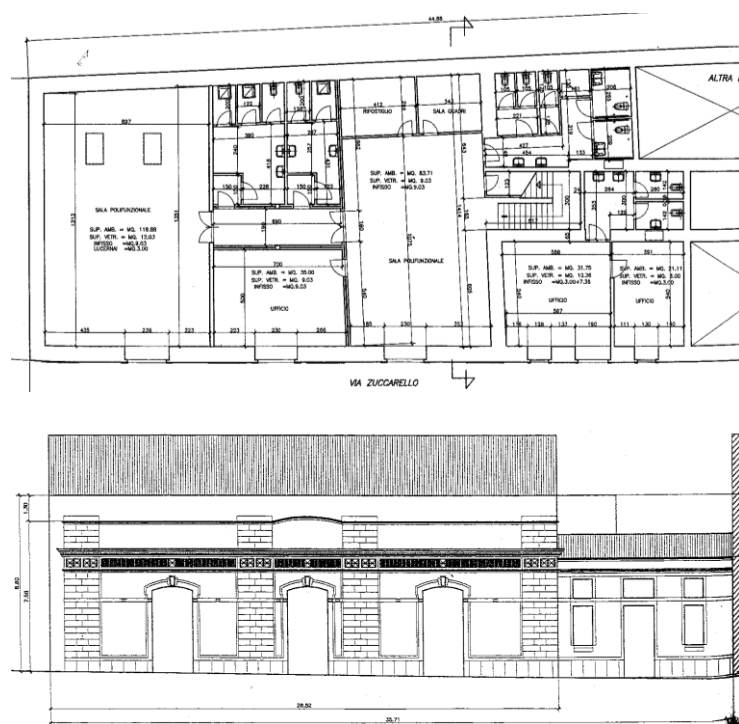


Fig. 5.30 – *Pianta del piano terra e prospetto principale del progetto di rifunzionalizzazione dell'ex cinema Midulla in via Belfiore (Comune di Catania)*

Infine, il costo eMergetico generato dal consumo di suolo non viene ovviamente considerato negli interventi di riqualificazione.

5.7 Analisi EMergetica di ogni progetto-tipo

Come già osservato, gli input dell'Analisi EMergetica sono stati ricavati tramite la consultazione degli elaborati di ciascun progetto-tipo tra i quali, principalmente, il computo metrico estimativo. Ne illustro i passaggi fondamentali.

Nel procedimento analitico di stima in termini monetari del costo di costruzione l'organismo edilizio viene suddiviso in componenti costruttive (movimenti di terra, murature e tramezzature, copertura e coibentazioni, ecc.) i cui costi vengono desunti moltiplicando le quantità per i prezzi unitari. Nell'analisi del prezzo unitario di una certa componente si contabilizzano le quantità di manodopera, materiali e macchine implicate nella costruzione della quantità unitaria della componente data. L'analisi si svolge seguendo uno schema a cascata di identificazione e stima delle varie voci che la costituiscono; ciascuna voce, a sua volta, costituisce l'aggregazione di componenti elementari, che si stimano²⁴⁸.

Le quantità dei fattori produttivi impiegati, una volta estrapolati dal computo metrico estimativo, vengono convertiti in eMergeria facendo ricorso

²⁴⁸ Realfonzo A. (1994), *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, pp. 170-171.

alle transformity e divengono gli input dell'analisi. Nella mia applicazione si è stabilito di trascurare gli input relativi all'energia solare incidente sull'area di costruzione, alla manodopera e alle macchine impegnate in cantiere nella fase di costruzione di ogni opera, essendo i loro contributi eMergetici trascurabili rispetto all'apporto dei materiali, come è stato dimostrato dallo studio di Pulselli R. M. et al. (2007), già citato, sull'Analisi EMergetica di un singolo fabbricato ad uso civile. Dalla lettura dei risultati si evince infatti che il flusso di energia solare che giunge sull'area di sedime, la quota di ammortamento del macchinario, compresi i combustibili consumati, e il lavoro umano contribuiscono rispettivamente per il 0,0002%, per il 0,34% e per il 2,03% rispetto al consumo eMergetico totale²⁴⁹. Questa linea di impostazione, seguita anche da Huang et al. (2003) nell'indagine sulla crescita di Taipei, di cui ho discusso nei paragrafi precedenti, mi ha permesso di semplificare la stima, restringendo il calcolo ai soli materiali e al consumo di suolo.

Essendo alcuni articoli del computo metrico estimativo (CME) espressi in superfici, volumi, metri lineari o unità, come nel caso di solai e murature, massetti, zoccolotti battiscopa o pozzetti, per applicare le transformity, espresse in sej/g, è stato necessario estrapolare dalle voci eterogenee i differenti materiali che le costituiscono, ricavare gli spessori e tradurli in grammi. Le informazioni tecniche e le densità dei materiali che mi hanno consentito di determinare i valori di massa sono state reperite da pubblicazioni specializzate, circolari ministeriali o fornite direttamente dalle ditte produttrici che ho contattato. A titolo esemplificativo riporto in Tab. 5.5 l'analisi della muratura a cassa vuota utilizzata nell'involucro esterno dell'edificio scolastico esaminato. Suddetta muratura è costituita da una parete esterna in laterizi forati da cm 12 e da una parete interna di laterizi forati da cm 8, posti in opera con malta cementizia, compreso uno strato di rinzaffo in malta cementizia sulla faccia interna della parete esterna.

| LATERIZIO (g)= (superficie muratura)*(numero di mattoni)*(massa mattone) | | | |
|--|--------------------------------|-----------|---|
| superficie muratura | m ² | 3,86E+02° | a |
| Laterizi forati della parete esterna: | | | |
| massa mattone | g/pz | 4,20E+03 | b |
| numero di mattoni | pz/m ² | 1,52E+01 | b |
| Laterizi forati della parete interna: | | | |
| massa mattone | g/pz | 3,00E+03 | b |
| numero di mattoni | pz/m ² | 1,52E+01 | b |
| MALTA CEMENTIZIA (g)= (sup. muratura)*[(volume giunti)+(spessore strato di rinzaffo)]*(densità) | | | |
| spessore giunto | m ² | 7,00E-03 | |
| volume malta nei giunti | m ³ /m ² | 2,28E-02 | b |
| spessore strato di rinzaffo | m | 2,00E-02 | |
| densità malta | g/m ³ | 2,10E+06 | c |

a: CME, edificio scolastico "S. Francesco".

b: Muzio laterizi srl (PE)

c: Circolare Ministeriale LLPP n. 18591 del 9-11-1978 e DM LLPP 12-2-1982

°Con la notazione E+02 si intende 10²

Tab. 5.5 – Calcolo dei materiali impiegati nella muratura a cassa vuota

²⁴⁹ Pulselli R. M., Simoncini E., Pulselli F. M., Bastianoni S. (2007), *cit.*, p. 626.

5.8 Discussione dei risultati

Nelle tabelle 5.6 e 5.7 sono riportati per ciascuno dei due piani:

- le transformity di ogni progetto-tipo;
- il costo eMergetico di ogni categoria di opere;
- il costo eMergetico totale, pro capite e per unità di superficie territoriale;
- la ripartizione del costo eMergetico totale tra le categorie di opere.

| Costi eMergetici unitari | | | |
|------------------------------------|--------------------|-----------|-------|
| Collegamenti stradali tra i nuclei | sej/ml | 6,94E+16° | |
| Parcheggi | sej/m ² | 7,46E+14 | |
| Edilizia residenziale | sej/m ³ | 1,07E+15 | |
| Spazi pubblici attrezzati | sej/m ² | 3,70E+15 | |
| Parco | sej/m ² | 1,70E+14 | |
| Campi sportivi | sej/m ² | 1,54E+15 | |
| Attrezzature sportive | sej/m ³ | 1,14E+15 | |
| Attrezzature scolastiche | sej/m ³ | 3,43E+15 | |
| Attrezzature di interesse comune | sej/m ³ | 3,43E+15 | |
| Costi eMergetici ex-ante | | | % |
| Collegamenti stradali tra i nuclei | sej | 2,00E+21 | 15,2% |
| Parcheggi | sej | 1,35E+20 | 1,0% |
| Edilizia residenziale | sej | 5,16E+21 | 39,3% |
| Verde pubblico residenziale | sej | 9,52E+20 | 7,3% |
| Verde urbano e sportivo | sej | 6,12E+20 | 4,7% |
| Attrezzature sportive | sej | 2,85E+19 | 0,2% |
| Attrezzature scolastiche | sej | 2,16E+21 | 16,5% |
| Attrezzature di interesse comune | sej | 2,08E+21 | 15,8% |
| Principali risultati | | | |
| Costo eMergetico totale | sej | 1,31E+22 | |
| Densità eMergetica pro capite | sej/ab | 2,08E+17 | |
| Densità eMergetica territoriale | sej/m ² | 3,13E+15 | |

°Con la notazione E+16 si intende 10¹⁶

Tab. 5.6 – Risultati dell'Analisi EMergetica del PdZ di Librino

Nell'allegato C ho riportato le Analisi EMergetiche di alcuni progetti-tipo esaminati.

Dal raffronto dei risultati è scaturita la maggiore incidenza pro capite e per unità di superficie territoriale di Librino: $2,08 \times 10^{17}$ sej/ab e $3,13 \times 10^{15}$ sej/m² contro i $1,70 \times 10^{17}$ sej/ab e $2,76 \times 10^{15}$ sej/m² di S. Cristoforo.

Vale la pena notare che se i costi specifici del nuovo insediamento non sono poi così elevati rispetto ai valori desunti per il rione storico, il divario tra essi si amplierebbe notevolmente qualora venisse esaminato il piano di

zona originario di Tange: infatti, limitandomi, in prima istanza, all'Analisi EMergetica dei nuclei non invasi dall'edilizia abusiva, si determinano delle densità pro capite e territoriale rispettivamente pari a $5,47 \times 10^{17}$ sej/ab e $3,52 \times 10^{15}$ sej/m².

Nel caso della città satellite il gruppo di opere eMergeticamente più rilevante è rappresentato dalle abitazioni, seguito a larga distanza dall'edilizia scolastica, di interesse comune e dai collegamenti viari tra i nuclei.

| Costi eMergetici unitari | | | |
|---|--------------------|-----------|----------|
| <i>Riqualificazione sistema viario e rifacimento sottoservizi</i> | | | |
| Via della Concordia | sej/ml | 2,75E+16° | |
| Zona Cordai-Concordia tratto 1 | sej/ml | 1,37E+16 | |
| Zona Cordai-Concordia tratto 2 | sej/ml | 5,19E+15 | |
| Via Mulino a vento e limitrofe | sej/ml | 3,05E+16 | |
| Parcheggi | sej/m ² | 7,46E+14 | |
| Edilizia residenziale Lotti A (in linea) | sej/m ³ | 1,07E+15 | |
| Edilizia residenziale Lotti B (a schiera) | sej/m ³ | 3,30E+15 | |
| Piazze e spazi pedonali attrezzati | sej/m ² | 7,77E+15 | |
| Pedonalizzazione di via S. Maria delle Salette | sej/m ² | 1,77E+16 | |
| Aree di verde attrezzato | sej/m ² | 5,51E+15 | |
| Parco | sej/m ² | 1,70E+14 | |
| Attrezzature in edifici da rifunzionalizzare | sej/m ³ | 7,71E+14 | |
| Attrezzature sportive in edifici ex novo | sej/m ³ | 1,14E+15 | |
| Attrezzature scolastiche in edifici ex novo | sej/m ³ | 3,43E+15 | |
| Attrezzature di interesse comune in edifici ex novo | sej/m ³ | 3,43E+15 | |
| Costi eMergetici ex-ante | | | % |
| Riqualificazione sistema viario e rif. sottoservizi | sej | 1,24E+20 | 11,9% |
| Parcheggi | sej | 5,79E+18 | 0,6% |
| Edilizia residenziale | sej | 5,05E+20 | 48,2% |
| Piazze e spazi pedonali attrezzati | sej | 1,35E+20 | 12,9% |
| Pedonalizzazione di via S. Maria delle Salette | sej | 6,06E+19 | 5,8% |
| Aree di verde attrezzato | sej | 1,29E+20 | 12,3% |
| Parco | sej | 6,41E+18 | 0,6% |
| Attrezzature in edifici da rifunzionalizzare | sej | 5,82E+19 | 5,5% |
| Attrezzature in edifici ex novo | sej | 2,33E+19 | 2,2% |
| Principali risultati | | | |
| Costo eMergetico totale | sej | 1,05E+21 | |
| Densità eMergetica pro capite | sej/ab | 1,70E+17 | |
| Densità eMergetica territoriale | sej/m ² | 2,76E+15 | |

°Con la notazione E+16 si intende 10¹⁶

Tab. 5.7 – Risultati dell'Analisi EMergetica del PII di S. Cristoforo Sud

A S. Cristoforo le residenze rimangono la componente più impattante; invece le attrezzature collettive influiscono in misura minore sia perché molte scuole sono già esistenti sia per l'inferiore costo delle rifunionalizzazioni degli edifici storici.

Le tabelle 5.8 e 5.9 presentano i primi quindici materiali che più incidono sui costi eMergetici totali. A Librino la percentuale maggiore è rappresentata dal conglomerato cementizio (50%) corrispondente a $6,48 \times 10^{21}$ sej, seguito dal laterizio (12%) principalmente adoperato nelle tramezzature e murature di tamponamento, che ammonta a $1,53 \times 10^{21}$ sej. Al terzo posto troviamo la ghiaia delle fondazioni stradali, che rappresenta l'8% del totale ($1,05 \times 10^{21}$ sej). Nell'altro quartiere il calcestruzzo rimane predominante, sebbene in misura minore, (37%) con $3,88 \times 10^{20}$ sej ed è seguito dalla pietra lavica (17%) con $1,82 \times 10^{20}$ sej. La terza posizione continua ad essere occupata dal laterizio (7%) con un contenuto di $7,78 \times 10^{19}$ sej. Pertanto, i materiali a maggiore impatto ambientale sono, per quantità, il calcestruzzo, la pietra lavica e i laterizi, mentre per qualità (cioè per transformity o eMergia specifica) sono rame ($1,14 \times 10^{11}$ sej/g) negli impianti elettrici, vernici per pareti ($2,55 \times 10^{10}$ sej/g) ed alluminio negli infissi ($2,13 \times 10^{10}$ sej/g).

Occorre effettuare alcune puntualizzazioni in merito ai possibili condizionamenti di alcuni fattori, tra i quali, innanzitutto, l'eterogeneità dei due aggregati di opere e le ipotesi di lavoro assunte, sullo svolgimento e gli esiti dell'indagine. Il primo fattore è stato evidenziato da Stanghellini (1990) nel suo saggio sui costi di riurbanizzazione nella riqualificazione urbana. Egli ha riscontrato che, negli antichi insediamenti e nei nuovi, per alcune opere urbanizzative esiste soltanto "una analogia nominalistica e funzionale, ma non certo qualitativa"²⁵⁰. Ciò vale in special modo per le infrastrutture viarie che, nelle due situazioni, hanno connotati fisici, funzionali ed estetici nettamente diversi. Infatti, mentre per Librino è stato valutato il costo di realizzazione della complessiva viabilità di collegamento tra i nuclei, per S. Cristoforo ci si è limitati a considerare per lo più il rifacimento dell'impianto fognario e, per "effetto trascinamento"²⁵¹, la pavimentazione stradale in alcuni tratti viari. Inoltre, l'ampiezza della sede stradale è, nel primo agglomerato, pari a circa 21 metri, di gran lunga maggiore delle larghezze riscontrate nell'altro, fatta eccezione per via Della Concordia la cui sezione raggiunge mediamente i 18 metri. Così come sovente accade nel tessuto urbano già consolidato, nel programma integrato la rete fognaria è prevalentemente di tipo misto, ossia con un'unica condotta sia per le acque bianche che nere. A Librino invece i costi eMergetici delle fognature aumentano a causa:

- a) del sistema separato che presuppone la posa in opera di due tubazioni;

²⁵⁰ Stanghellini S. (1990), *cit.*,

²⁵¹ *Ibidem*, p. 95.

| Materiali | Collegamenti stradali tra nuclei | | Parcheggi | | Edilizia residenziale | | Verde pubblico residenziale | | Verde urbano e sportivo | | Attrezzature sportive | | Attrezzature scolastiche | | Attrezzature di interesse comune | | Totale | |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|-----------|-------|-----------------------|-------|-----------------------------|-------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------|-------|
| Calcestruzzo | 1,07E+21° | 53,8% | 4,69E+19 | 34,7% | 2,30E+21 | 45,7% | 5,17E+20 | 54,3% | 1,48E+20 | 24,2% | 1,73E+19 | 60,6% | 1,21E+21 | 56,1% | 1,16E+21 | 56,1% | 6,48E+21 | 49,9% |
| Laterizio | 0,00E+00 | 0,0% | 6,22E+17 | 0,5% | 1,35E+21 | 26,7% | 1,66E+17 | 0,0% | 1,34E+17 | 0,0% | 1,91E+18 | 6,7% | 9,40E+19 | 4,4% | 9,03E+19 | 4,4% | 1,53E+21 | 11,8% |
| Ghiaia | 3,75E+20 | 18,8% | 2,81E+19 | 20,8% | 0,00E+00 | 0,0% | 2,31E+20 | 24,3% | 4,13E+20 | 67,5% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,05E+21 | 8,1% |
| Pietra lavica | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 5,15E+19 | 5,4% | 1,46E+19 | 2,4% | 0,00E+00 | 0,0% | 3,48E+20 | 16,1% | 3,35E+20 | 16,1% | 7,49E+20 | 5,8% |
| Acciaio | 1,16E+20 | 5,8% | 1,59E+17 | 0,1% | 2,66E+20 | 5,3% | 3,35E+19 | 3,5% | 2,03E+18 | 0,3% | 2,61E+18 | 9,2% | 1,66E+20 | 7,7% | 1,59E+20 | 7,7% | 7,45E+20 | 5,7% |
| Malta cementizia | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 3,39E+20 | 6,7% | 2,17E+18 | 0,2% | 1,07E+17 | 0,0% | 7,16E+17 | 2,5% | 2,39E+19 | 1,1% | 2,30E+19 | 1,1% | 3,89E+20 | 3,0% |
| Sabbia | 7,29E+19 | 3,7% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,54E+19 | 1,6% | 7,40E+18 | 1,2% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,44E+20 | 6,7% | 1,39E+20 | 6,7% | 3,79E+20 | 2,9% |
| Intonaco a base di gesso | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,81E+20 | 3,6% | 4,49E+17 | 0,0% | 3,63E+17 | 0,1% | 9,60E+17 | 3,4% | 5,13E+19 | 2,4% | 4,92E+19 | 2,4% | 2,83E+20 | 2,2% |
| Cemento | 9,30E+19 | 4,7% | 4,02E+19 | 29,7% | 0,00E+00 | 0,0% | 6,32E+19 | 6,6% | 3,43E+18 | 0,6% | 1,82E+16 | 0,1% | 1,04E+18 | 0,0% | 1,00E+18 | 0,0% | 2,02E+20 | 1,6% |
| Gres | 8,05E+18 | 0,4% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,74E+20 | 3,5% | 2,91E+16 | 0,0% | 2,35E+16 | 0,0% | 6,50E+16 | 0,2% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,82E+20 | 1,4% |
| Consumo di suolo | 1,51E+20 | 7,6% | 1,67E+18 | 1,2% | 2,28E+19 | 0,5% | 3,78E+16 | 0,0% | 5,99E+16 | 0,0% | 8,67E+17 | 3,0% | 1,95E+16 | 0,0% | 1,87E+16 | 0,0% | 1,77E+20 | 1,4% |
| Resina vinilacrilica | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,40E+20 | 2,8% | 2,47E+16 | 0,0% | 2,00E+16 | 0,0% | 9,08E+16 | 0,3% | 3,91E+18 | 0,2% | 3,75E+18 | 0,2% | 1,48E+20 | 1,1% |
| Marmo | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,28E+20 | 2,5% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 2,08E+16 | 0,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,28E+20 | 1,0% |
| Conglomerato bituminoso | 7,53E+19 | 3,8% | 3,52E+18 | 2,6% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 5,25E+18 | 0,2% | 5,04E+18 | 0,2% | 8,91E+19 | 0,7% |
| Rame | 7,32E+15 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 4,44E+19 | 0,9% | 4,18E+18 | 0,4% | 2,19E+18 | 0,4% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,56E+19 | 0,7% | 1,50E+19 | 0,7% | 8,14E+19 | 0,6% |

° Con la notazione E+21 si intende 10²¹

Tab. 5.8 – *Elenco dei primi quindici materiali che più incidono sul costo eMergetico totale del PdZ di Librino*

| Materiali | Riq. sistema viario e/o rif. sottoservizi | | Parcheggi | | Edilizia residenziale | | Piazze e spazi pedonali attrezzati | | Pedonalizz. di via S. Maria delle Salette | | Aree di verde attrezzato | | Parco | | Attrezzature in edifici da rifunz. | | Attrezzature in edifici ex novo | | Totale | |
|--------------------------------------|---|-------|-----------|-------|-----------------------|-------|------------------------------------|-------|---|-------|--------------------------|-------|----------|-------|------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------|-------|
| Calcestruzzo | 2,49E+19° | 20,0% | 2,01E+18 | 34,7% | 2,43E+20 | 48,8% | 2,73E+19 | 20,3% | 9,88E+17 | 1,6% | 5,63E+19 | 43,5% | 1,03E+18 | 16,1% | 1,99E+19 | 34,4% | 1,31E+19 | 56,1% | 3,88E+20 | 37,4% |
| Pietra lavica | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 3,30E+18 | 0,7% | 8,61E+19 | 63,9% | 4,72E+19 | 78,0% | 3,89E+19 | 30,1% | 2,45E+18 | 38,4% | 9,44E+16 | 0,2% | 3,76E+18 | 16,1% | 1,82E+20 | 17,5% |
| Laterizio | 0,00E+00 | 0,0% | 2,67E+16 | 0,5% | 7,06E+19 | 14,2% | 1,92E+17 | 0,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 2,26E+16 | 0,4% | 5,92E+18 | 10,3% | 1,01E+18 | 4,4% | 7,78E+19 | 7,5% |
| Ghiaia | 1,83E+19 | 14,7% | 1,20E+18 | 20,8% | 1,96E+19 | 3,9% | 3,79E+18 | 2,8% | 1,76E+18 | 2,9% | 2,02E+19 | 15,6% | 4,62E+14 | 0,0% | 4,29E+15 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 6,49E+19 | 6,2% |
| Sabbia | 3,69E+19 | 29,6% | 0,00E+00 | 0,0% | 7,30E+18 | 1,5% | 6,59E+18 | 4,9% | 2,46E+18 | 4,1% | 6,38E+18 | 4,9% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,56E+18 | 6,7% | 6,11E+19 | 5,9% |
| Pietrame | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 4,05E+19 | 8,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 6,50E+16 | 0,1% | 3,48E+17 | 0,3% | 6,36E+16 | 1,0% | 4,79E+18 | 8,3% | 0,00E+00 | 0,0% | 4,58E+19 | 4,4% |
| Acciaio | 4,56E+18 | 3,7% | 6,83E+15 | 0,1% | 2,42E+19 | 4,9% | 4,21E+17 | 0,3% | 1,48E+17 | 0,2% | 1,88E+18 | 1,5% | 1,93E+16 | 0,3% | 6,71E+18 | 11,6% | 1,79E+18 | 7,7% | 3,97E+19 | 3,8% |
| Malta cementizia | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,86E+19 | 3,7% | 4,48E+18 | 3,3% | 1,44E+16 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,80E+16 | 0,3% | 7,37E+18 | 12,8% | 2,58E+17 | 1,1% | 3,08E+19 | 3,0% |
| Cemento | 1,36E+19 | 11,0% | 1,72E+18 | 29,7% | 4,04E+18 | 0,8% | 6,92E+14 | 0,0% | 4,23E+17 | 0,7% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 5,95E+17 | 1,0% | 1,13E+16 | 0,0% | 2,04E+19 | 2,0% |
| Intonaco con gesso | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,30E+19 | 2,6% | 6,81E+16 | 0,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 6,10E+16 | 1,0% | 3,29E+18 | 5,7% | 5,53E+17 | 2,4% | 1,70E+19 | 1,6% |
| Cartongesso | 1,08E+19 | 8,6% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 1,69E+14 | 0,0% | 1,08E+19 | 1,0% |
| Gres | 1,64E+18 | 1,3% | 0,00E+00 | 0,0% | 8,02E+18 | 1,6% | 2,22E+17 | 0,2% | 1,09E+17 | 0,2% | 0,00E+00 | 0,0% | 3,95E+15 | 0,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 9,99E+18 | 1,0% |
| Intonaco con malta cementizia | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 8,28E+18 | 1,7% | 0,00E+00 | 0,0% | 7,90E+16 | 0,1% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 8,36E+18 | 0,8% |
| Conglomerato bituminoso | 7,57E+18 | 6,1% | 1,51E+17 | 2,6% | 0,00E+00 | 0,0% | 2,17E+15 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 5,67E+16 | 0,2% | 7,78E+18 | 0,7% |
| Malta di calce | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 5,83E+18 | 1,2% | 5,73E+17 | 0,4% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 0,00E+00 | 0,0% | 2,48E+17 | 0,4% | 1,66E+17 | 0,7% | 6,82E+18 | 0,7% |

° Con la notazione E+19 si intende 10¹⁹

Tab. 5.9 – *Elenco dei primi quindici materiali che più incidono sul costo eMergetico totale del PII di S. Cristoforo Sud*

- b) delle dimensioni maggiori delle suddette condotte, progettate in base alla maggiore consistenza demografica dell'insediamento servito;
- c) dell'orografia del terreno che determina i volumi degli scavi e dei rinterri²⁵².

Le voci relative ai rinterri sono state trascurate dal momento che, per effettuarli, si è utilizzato il materiale estratto dagli stessi scavi. Anche le operazioni di scavo e trasporto del materiale di risulta in discarica sono state omesse sia per le oggettive difficoltà di reperire questo tipo di dati per tutta la città satellite sia perché esse comportano principalmente impiego di manodopera e consumo di carburanti, i cui contributi eMergetici si è stabilito di non considerare essendo poco determinanti a paragone delle materie prime utilizzate. Siffatto ragionamento è stato ripetuto per alcune categorie di interventi di recupero a S. Cristoforo (ad esempio: la scarificazione a freddo di pavimentazione in conglomerato bituminoso, compattazione del fondo degli scavi quando questi debbono costituire il piano di posa delle sovrastrutture stradali, demolizione vuoto per pieno di fabbricati o residui di fabbricati, ecc.) in cui il prevalente utilizzo di forza-lavoro umana scaturisce anche dalle difficoltose condizioni organizzative di esecuzione dei lavori (limitata accessibilità dei mezzi di trasporto, ristrettezza della sede stradale, ecc.).

L'eterogeneità tra i due insediamenti si riscontra anche negli spazi pubblici attrezzati e, di conseguenza, nei loro costi eMergetici unitari a causa della "diversità sostanziale, quantitativa e qualitativa, delle opere che si prevedono per questo tipo di attrezzature urbanizzative"²⁵³. La dotazione procapite di verde pubblico è, quantomeno sulla carta, decisamente più elevata nel caso di Librino, sebbene la proposta di riqualificare lo storico fronte lavico, situato ai margini dell'edificato, consenta a S. Cristoforo di dotarsi di un parco urbano. Le transformity associate alla realizzazione di spazi pedonali e piazze nel rione storico, pari a $7,77 \times 10^{15}$ sej/m² e a $1,77 \times 10^{16}$ sej/m², sono più elevate della transformity afferente le aree pubbliche attrezzate da situare nella città satellite, del valore di $3,70 \times 10^{15}$ sej/m². Tale risultato non è certo da attribuire ad una ipotetica, maggiore invasività dei primi due tipi di interventi, quanto, piuttosto, ai contenuti eMergeticamente superiori dei materiali in essi impiegati: principalmente basalto lavico nelle pavimentazioni e negli arredi urbani. Inoltre nei percorsi pedonalizzati è stato previsto anche il rifacimento dei sottoservizi.

5.9 Conclusioni

Secondo C. Forte è possibile individuare una funzione dei costi monetari delle opere di urbanizzative primarie e secondarie in un insediamento abitativo di nuova realizzazione:

$$y = f(C_u, Q, T, M, A)$$

²⁵² Forte C. (1971), *cit.*, pp. 176-181.

²⁵³ *Ibidem*, p. 214.

con:

C_u = costo unitario di costruzione: dipendente dal costo della manodopera, dei materiali, dei trasporti;

Q = quantità di opere costruite per ogni abitante con la loro corrispondente qualificazione (a loro volta funzione di sub-parametri sociali, demografici ed economici quali la dimensione e la densità demografica, il reddito pro capite prodotto, la necessità di interventi specifici per la creazione di servizi speciali in virtù di ragioni di particolare sviluppo sociologico ed urbanistico-economico);

T = epoca nella quale è stata effettuata la costruzione;

M = morfologia e distribuzione plano volumetrica degli elementi compositivi del nucleo insediativo urbano;

A = costo di acquisizione dell'area dell'intervento²⁵⁴.

Nel caso dei costi di riqualificazione del sistema urbanizzativo primario negli insediamenti storici, osserva Stanghellini²⁵⁵, la quantità di opere costruite per ogni abitante (Q) richiederà che fra i sub parametri più incisivi figurino la densità edilizia dell'insediamento (in quanto elemento esogenamente determinato) e lo standard funzionale, tecnologico ed estetico della specifica opera. Inoltre, il costo di acquisizione dell'area non appare, in queste circostanze, significativo, in quanto già di proprietà comunale. Di conseguenza, egli ritiene che il costo monetario pro capite C_{ab} sia riassumibile dalla seguente espressione:

$$C_{ab} = f(C_u, M, D)$$

nella quale:

C_u = costo delle urbanizzazioni parametrizzato all'unità di superficie pavimentata;

M = morfologia insediativa;

D = densità dell'insediamento²⁵⁶.

Codesta funzione risulta direttamente proporzionale alle prime due variabili ed inversamente proporzionale alla densità insediativa.

Per gli aggregati abitativi quali Librino e S. Cristoforo Sud, dove si prevedono sia interventi di recupero del tessuto urbano preesistente che di integrazione e/o ampliamento mediante ulteriori volumi edilizi, il costo insediativo eMergetico C diviene, sulla base dei risultati ottenuti, una relazione tra le seguenti variabili:

$$C = f(C_{uem}, M, Q, A_{em})$$

dove, in aggiunta alle grandezze già definite M e Q , compaiono:

C_{uem} = costo eMergetico parametrizzato all'unità di consistenza stabilita per ogni tipologia di opere edili (sej/m^3 , sej/m^2 o sej/ml);

²⁵⁴ Ibidem, p. 101.

²⁵⁵ Stanghellini S. (1990), *cit.*, p. 98.

²⁵⁶ Ibidem, p. 117.

A_{em} = perdita di eMergia relativa al consumo di suolo nelle nuove costruzioni.

La maggior incidenza pro capite della città satellite va, quindi, sostanzialmente imputata alla dimensione demografica, che ha richiesto un'elevata quantità di attrezzature, infrastrutture e servizi e alla sua morfologia spaziale, che riserva ampi spazi al sistema delle accessibilità pedonale e veicolare (oltre il 15% della superficie territoriale). Il risanamento di S. Cristoforo Sud si limita invece al soddisfacimento degli standards urbanistici, conseguibili mediante il recupero delle opere esistenti e l'aggiunta di nuove, pervenendo comunque ad un netto, complessivo miglioramento qualitativo del quartiere. Nel primo caso-studio si stimano infatti un incremento di volumetria edilizia di $96 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e un flusso materico pro capite di 94 tonn/ab. circa mentre nel secondo essi si attestano intorno a $49 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e 71 tonn/ab.

Inoltre, la maggiore onerosità degli interventi di riqualificazione degli spazi pubblici attrezzati, imputabile all'elevato contenuto eMergetico dei materiali lapidei impiegati e alla pregevolezza delle soluzioni progettuali, è compensata dal risparmio di nuova occupazione di suolo, essendo alcune attrezzature esistenti e le sedi stradali di proprietà comunale.

Oltre agli aspetti critici di ordine formale, sociologico, ideologico, comunemente mossi ai modelli insediativi di impianto razionalista qual è Librino, numerosi altri fattori, altrettanto gravi, attribuibili sia all'inefficienza degli enti locali che all'oggettiva difficoltà di gestire un intervento così vasto, hanno fatto di questa città-satellite un'esperienza fallimentare. Tra di essi:

- la scelta di mantenere gli insediamenti spontanei inglobandoli al nuovo, ottenendo zone disomogenee, a scapito delle aree destinate ad attrezzature collettive e verde pubblico, alterando irrimediabilmente l'assetto pianificatorio avveniristico del piano di origine (Fig. 5.31);
- l'incompiutezza delle opere di urbanizzazione primarie e secondarie, a trent'anni dall'inizio dei lavori e lo stato di abbandono di quelle ultimate, soggette a vandalismi, a causa degli alti costi di gestione²⁵⁷ (Fig. 5.32);
- l'assenza di manutenzione degli edifici, qualcuno dei quali abusivamente occupato da senzatetto e ricettacolo di traffici illeciti, e dei percorsi pedonali, le "spine verdi" tanto decantate, divenute talvolta impraticabili luoghi di raccolta di rifiuti a cielo aperto.

Di conseguenza non sono sorte neppure attività commerciali su iniziativa dei privati, scoraggiati dalle condizioni critiche del quartiere, anche "perché non esiste un interesse economico capace di sostenere la trasformazione. E d'altra parte, da sola, l'iniziativa pubblica rischia di non avere risorse sufficienti per impostare programmi adeguati di riqualificazione urbana"²⁵⁸.

²⁵⁷ Gianino G. (2007), *Librino: un presente, per quale futuro?*, pp. 86-87.

²⁵⁸ Caritas Italiana ed équipe di ricerca del progetto "Aree Metropolitane" (a cura di) (2007), *La città abbandonata*, in G. Gianino, *cit.*, pp. 13-14.



Fig. 5.31 – *Edilizia spontanea nel cuore di Librino*



Fig. 5.32 – *Parti incomplete del piano di zona di Librino*

La maggiore “economicità”, in termini monetari ed eMergetici, del risanamento dei quartieri degradati della città consolidata è quindi da ricondurre principalmente al “minore spreco edilizio (numero delle abitazioni prodotte e non utilizzate)” e al “minore spreco urbano (consumo del territorio agricolo)” (Cervellati, 1977)²⁵⁹.

²⁵⁹ Cervellati P.L. (1977), *Gestione della città e riuso urbano*, p. 44.

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di approntare un'ideale metodologia di calcolo per rispondere a quesiti di studio finalizzati alla formulazione del giudizio di valore di interventi mirati a perseguire lo sviluppo sostenibile nel territorio.

Innanzitutto ho ritenuto indispensabile chiarire che per "questione energetica" si intende il problema del depauperamento delle risorse naturali non rinnovabili e degli incontrollati incrementi di entropia associati ad ogni processo di trasformazione promosso dall'azione umana.

Pertanto, è stata evidenziata la necessità di affrontarla in termini olistici ribadendo il ruolo primario delle scienze ecologiche dalle quali acquisire regole e metodi di indagine. Le indagini sugli ecosistemi antropizzati (territori) devono perciò svilupparsi in modo analogo agli studi sugli ecosistemi (naturali). Occorre pertanto ricorrere a strumenti valutativi che ne interpretino esaustivamente le istanze ambientali ed ecologiche, imperniati sulla contabilità energetica prima che monetaria. Tra questi l'Analisi EMergetica, basata su un approccio sistemico in chiave termodinamica, è probabilmente uno dei più conosciuti e completi.

Con essa sono state superate diverse, annose difficoltà operative. In primo luogo il problema della parzialità riscontrata nei metodi di valutazione monetaria dei beni ambientali, elaborati nel quadro di impostazione neoclassica: l'Analisi EMergetica valuta tutte le risorse naturali, irreversibili e non, adottando il linguaggio energetico caratteristico degli ecosistemi. Secondariamente, l'errato confronto di forme di energia qualitativamente diverse, ossia con differente capacità di essere convertite in lavoro utile: gli input vengono tutti espressi in un'unica unità di misura, il joule di energia solare (o eMergia), impiegata direttamente e indirettamente per realizzare merci e servizi.

Nel primo caso-studio della tesi è stata effettuata la valutazione eMergetica del territorio della provincia di Catania nell'anno 2006, considerandolo come un sistema aperto che scambia con l'esterno flussi di materia, energia e informazione. Gli input e gli output sono stati perciò schematizzati in risorse utilizzate, rinnovabili o meno, locali o importate, al fine di comprendere, mediante opportuni indicatori, se e quanto i serbatoi di capitale naturale vengono intaccati (*rapporto di impatto ambientale*); se l'utilizzo delle risorse è ottimizzato (*rapporto di investimento energetico*); infine se la provincia gode di una sufficiente autonomia rispetto all'ambiente circostante (*rendimento eMergetico*). Il procedimento consente inoltre di porre in risalto quelle peculiarità del territorio sulle quali far leva per innescare vantaggiosi meccanismi di feedback, specializzandosi perciò in ciò che può fare meglio con minori sprechi.

Sebbene l'elevata radiazione solare incidente, le precipitazioni piovose, il cui accumulo in serbatoi idrici sotterranei è favorito dalla porosità dei suoli vulcanici etnei, l'energia delle onde e delle maree lungo il litorale, il flusso di calore terrestre, più elevato nel cono etneo, contribuiscano a

determinare una generosa disponibilità di risorse rinnovabili nel territorio catanese, in special modo nei comparti metropolitano e pedemontano, è risultato che l'eMergia utilizzata relativamente alle sorgenti rinnovabili è solo il 2% di quella totale. Ben il 59% dell'eMergia totale usata deriva invece da risorse locali non rinnovabili, tra le quali spicca l'apporto ragguardevole delle lave e basalti, il cui impiego è finalizzato al settore delle costruzioni, determinato sia dalle cospicue quantità estratte che dal consistente valore della transformity ($7,56 \times 10^9$ sej/g), segno dei lunghi tempi geologici necessari alla loro formazione. Il 39% dell'eMergia totale usata proviene dall'esterno (17.737×10^{18} sej) ed è suddiviso tra consumi di riserve energetiche (energia elettrica e combustibili per autotrazione) e merci acquistate. La densità eMergetica (mediamente intorno a 13×10^{18} sej/km²), mostra una distribuzione non omogenea tra i tre distretti, assumendo valori più elevati nel metropolitano (35×10^{18} sej/km²), dove, ad una ridotta estensione territoriale, corrisponde una superiore concentrazione sia delle risorse locali, per la presenza del mare e delle cave laviche, che degli agglomerati abitativi. Nel capoluogo catanese si addensano inoltre le funzioni di indirizzo e di governo di tutta la provincia. Il rapporto di impatto ambientale indica che, per ogni unità eMergetica rinnovabile, se ne consumano 49 non rinnovabili: una situazione che, nel medio-lungo periodo, può divenire allarmante in termini di carico sul territorio. Dal rapporto di investimento eMergetico (uguale a 0,6), desumiamo che, per ogni unità eMergetica locale, solo lo 0,6 è importata: questo non significa comunque che la provincia goda di autonomia produttiva quanto piuttosto che si verifica un dispendio di minerali locali. In particolare, il dato, prossimo allo zero (0,3), relativo all'area pedemontana, si interpreta osservando che, interventi mirati al completamento della intera filiera agro-alimentare per la conservazione e trasformazione di prodotti tipici potrebbero essere proficui, perché basati sulla valorizzazione delle abbondanti risorse locali.

Dalla comparazione con i risultati ottenuti dagli studi su altre realtà italiane (Bologna, Cagliari, Pescara e Siena), è stato possibile verificare l'efficienza nell'uso delle ricchezze reali in rapporto al prodotto interno lordo creato. In particolare si sono dedotte per Catania prestazioni degli indici inferiori al livello medio. Il raffronto tra le risorse consumate e la ricchezza monetaria prodotta, PIL, espresso in prezzi dell'anno base 2006, ha determinato per la città etnea il valore di 259 sej/€, poco più del valore medio calcolato negli altri cinque casi esaminati. Essendosi collocata tra le ultime province italiane per reddito procapite, nell'intervallo temporale 2001-2006, tale risultato è sintomatico di una struttura eMergeticamente poco efficiente.

Per migliorare il bilancio ambientale catanese ho proposto le seguenti linee di intervento scaturite dalla lettura delle voci più eMergivore dell'analisi: oltre al monitoraggio delle cave, il recupero ambientale di quelle dismesse e il riutilizzo dei materiali estratti; la razionalizzazione della domanda di energia attraverso interventi di risparmio energetico e, dal lato dell'offerta, l'incremento della produzione di elettricità da fonti alternative; la riduzione dei consumi di combustibili per autotrazione mediante l'incentivazione al trasporto pubblico; processi di trasformazione urbana e territoriale che tendano all'azzeramento di ulteriore consumo di suolo. In

coerenza con l'ultima misura occorre, cioè, prediligere il risanamento e la densificazione dei quartieri degradati della città consolidata, in special modo nell'ambito dell'area metropolitana, piuttosto che l'ulteriore ampliamento del perimetro urbano catanese e dei comuni contermini, al fine di sottrarre aree agricole e naturali alla campagna limitrofa e contenere l'impiego di materiali da costruzione.

La metodologia di H. T. Odum costituisce uno degli strumenti valutativi più adeguati tra quelli noti in letteratura poiché, innanzitutto, è in grado di differenziare, tramite il calcolo delle transformity, le risorse usate in base al livello di qualità dei flussi di energia ad esse associate. Quanto alla quota di rifiuti ed emissioni rilasciate in ogni processo produttivo, vero è che l'Analisi EMergetica non la considera esplicitamente, se non in riferimento agli input necessari per smaltirli o limitarne l'impatto ma è anche vero che detta analisi, fondandosi su un approccio termodinamico, li valuta in termini di irreversibilità o scarti come differenza tra i flussi energetici entranti e quelli uscenti. Non da ultimo, costituisce un indubbio vantaggio la capacità di visualizzare efficacemente le rese dei processi di trasformazione adoperando una sola unità di misura, l'eMergia.

Come ho già osservato, commentando l'esito dell'indagine sulla provincia di Catania per il 2006, il consumo delle riserve locali non rinnovabili, pari a 27.332×10^{18} sej/anno, è da attribuire in massima parte all'estrazione di inerti da cava impiegati nel settore edile. Se optassimo per il loro riciclo la valutazione eMergetica del ciclo di vita dei materiali (*Life cycle eMergy analysis*) rappresenterebbe un valido supporto nella scelta delle relative tecniche di recupero (Buranakarn, 1998; Brown e Buranakarn, 2003). Suddetto metodo consiste nel conteggiare l'eMergia consumata "from cradle to grave", ossia per estrarre le materie prime, raffinarle in semilavorati, trasformarli in prodotto finito, adoperarlo, prevedendone, infine, il riuso o la disposizione direttamente in discarica. Tra i risultati più evidenti è emerso un maggiore vantaggio al reimpiego per i materiali, quali l'alluminio, la plastica, l'acciaio e il vetro, che scaturiscono da un'elevata concentrazione di risorse naturali o i cui semilavorati sono ottenuti con complessi processi di raffinazione: in sintesi, con transformity e rendimenti eMergetici elevati. In questi casi il loro ciclo di vita si accorcia, essendo i semilavorati estratti direttamente dalla loro demolizione e scomposizione, senza prelievo di capitale naturale e senza processi di raffinazione. In pieno accordo con siffatti ragionamenti si inquadrano, ad esempio, gli interventi di dismissione e ripristino delle lastre laviche nei percorsi viari del centro storico catanese effettuati nell'ultimo decennio. A tale riguardo è stata dimostrata la convenienza eMergetica di queste operazioni rispetto alla realizzazione ex novo dello stesso tipo di pavimentazione ($9,39 \times 10^{12}$ sej/m² nella prima ipotesi, considerando i contributi del lavoro umano e del combustibile consumato dalle macchine, contro i $4,09 \times 10^{15}$ sej/m² della seconda ipotesi, calcolando solo il contenuto eMergetico del basalto lavico estratto).

Dall'approfondimento delle summenzionate linee di azione sulla provincia etnea si è sviluppato il secondo caso-studio della tesi mirato a formulato il giudizio di convenienza eMergetica tra due significative tipologie insediative dell'area metropolitana catanese: il piano di Zona per l'edilizia economico-popolare di Librino e la riqualificazione della parte sud

del rione storico di San Cristoforo Sud. In letteratura non esistono, a mio giudizio, pubblicazioni di rilievo riguardanti l'applicazione dell'Analisi EMergetica ad interventi a scala urbana e territoriale, ad eccezione degli studi condotti da un gruppo di ricercatori sullo sviluppo impetuoso di Taiwan negli ultimi decenni.

Per stimare e raffrontare ex ante i costi insediativi, espressi in termini eMergetici, nei due quartieri ho considerato l'attività di trasformazione del territorio naturale in luogo idoneo alla localizzazione di agglomerati urbani alla stregua di un qualsiasi processo produttivo. La metodologia che ho approntato per valutare suddetti costi è stata strutturata nelle seguenti fasi: a) descrizione del sistema insediativo e interazioni con l'ambiente esterno; b) suddivisione del sistema nei sottosistemi funzionali (residenze, infrastrutture, attrezzature collettive e spazi pubblici); c) costruzione del diagramma eMergetico evidenziando gli input di energia e materia consumate per effettuare le trasformazioni edilizie (output); d) acquisizione, elaborazione e presentazione dei dati inerenti i due agglomerati abitativi; e) individuazione, per ciascun gruppo di opere, di un progetto dalle proprietà tecniche, funzionali e costruttive tradizionali, da assumere come modello di riferimento; f) Analisi EMergetica di ogni progetto-tipo effettuata convertendo i valori di massa dei materiali impiegati (input) previsti dal computo metrico estimativo in eMergia; g) calcolo della transformity di ogni progetto-tipo ovvero del costo eMergetico parametrico per unità di consistenza (sej/m^3 , sej/m^2 o sej/ml); h) stima del costo totale di ogni categoria di opere e, infine, del costo totale e pro capite dell'intervento. Ho sostanzialmente seguito il procedimento di stima "per valori tipici" (C. Forte, 1971) con la differenza che, anziché trasformare le unità fisiche in valori economici, le ho convertite in valori eMergetici.

Nell'applicazione si è stabilito di trascurare gli input relativi alla manodopera e alle macchine impegnate in cantiere, essendo i loro contributi eMergetici trascurabili rispetto all'apporto dei materiali da costruzione.

Dal raffronto dei risultati è scaturita la maggiore incidenza pro capite e per unità di superficie territoriale di Librino: $2,08 \times 10^{17}$ sej/ab e $3,13 \times 10^{15}$ sej/ m^2 contro i $1,70 \times 10^{17}$ sej/ab e $2,76 \times 10^{15}$ sej/ m^2 di S. Cristoforo.

Nel caso della città satellite il gruppo di opere eMergeticamente più rilevante è rappresentato dalle abitazioni, seguito a larga distanza dall'edilizia scolastica, di interesse comune e dai collegamenti viari tra i nuclei. A S. Cristoforo le residenze rimangono la componente più impattante; invece le attrezzature collettive influiscono in misura minore sia perché molte scuole sono già esistenti sia per l'inferiore costo delle rifunzionalizzazioni degli edifici storici.

Il costo eMergetico totale di ciascuno dei due piani è stato ripartito nei costi eMergetici dei materiali impiegati. A Librino la percentuale maggiore è rappresentata dal conglomerato cementizio (50%) corrispondente a $6,48 \times 10^{21}$ sej, seguito dal laterizio (12%) principalmente adoperato nelle tramezzature e murature di tamponamento, che ammonta a $1,53 \times 10^{21}$ sej. Al terzo posto troviamo la ghiaia delle fondazioni stradali, che rappresenta l'8% del totale ($1,05 \times 10^{21}$ sej). Nell'altro quartiere il calcestruzzo rimane predominante, sebbene in misura minore, (37%) con $3,88 \times 10^{20}$ sej ed è seguito dalla pietra lavica (17%) con $1,82 \times 10^{20}$ sej. La terza posizione

continua ad essere occupata dal laterizio (7%) con un contenuto di $7,78 \times 10^{19}$ sej. Pertanto, i materiali a maggiore impatto ambientale sono, per quantità, il calcestruzzo, la pietra lavica e i laterizi, mentre per qualità (cioè per transformity o eMergia specifica) sono rame ($1,14 \times 10^{11}$ sej/g) negli impianti elettrici, vernici per pareti ($2,55 \times 10^{10}$ sej/g) ed alluminio negli infissi ($2,13 \times 10^{10}$ sej/g).

Ho ritenuto fondamentale effettuare alcune precisazioni in merito ai possibili condizionamenti di alcuni fattori, quali l'eterogeneità delle opere confrontate, sugli esiti dell'indagine. Negli antichi insediamenti e nei nuovi, per alcune opere urbanizzative esiste soltanto "una analogia nominalistica e funzionale, ma non certo qualitativa" (Stanghellini, 1990). Ciò vale in special modo per le infrastrutture viarie che, nelle due situazioni, hanno connotati fisici, funzionali ed estetici nettamente diversi. Infatti, mentre per Librino è stato valutato il costo di realizzazione della complessiva viabilità di collegamento tra i nuclei, per S. Cristoforo ci si è limitati a considerare per lo più il rifacimento dell'impianto fognario e, per "effetto trascinamento", la pavimentazione stradale in alcuni tratti viari.

L'eterogeneità tra i due aggregati abitativi si riscontra anche negli spazi pubblici attrezzati e, di conseguenza, nei loro costi eMergetici unitari a causa della "diversità sostanziale, quantitativa e qualitativa, delle opere che si prevedono per questo tipo di attrezzature urbanizzative" (C. Forte, 1971). Le transformity associate alla realizzazione di spazi pedonali e piazze nel rione storico, pari a $7,77 \times 10^{15}$ sej/m² e a $1,77 \times 10^{16}$ sej/m², sono più elevate della transformity afferente le aree pubbliche attrezzate da situare nella città satellite, del valore di $3,70 \times 10^{15}$ sej/m². Tale risultato non è certo da attribuire ad una ipotetica, maggiore invasività dei primi due tipi di interventi, quanto, piuttosto, ai contenuti eMergeticamente superiori dei materiali in essi impiegati: principalmente basalto lavico nelle pavimentazioni e negli arredi urbani. Inoltre nei percorsi pedonalizzati è stato previsto anche il rifacimento dei sottoservizi.

Per gli agglomerati abitativi come quelli esaminati, dove si prevede sia il recupero del tessuto urbano preesistente che l'inserimento di nuovi volumi edilizi, si è desunto inoltre che il costo insediativo eMergetico si può esprimere come una funzione delle seguenti variabili: a) il costo eMergetico unitario per tipologia di opere edili (sej/m³, sej/m² o sej/ml); b) la morfologia spaziale dell'insediamento; c) la perdita di eMergia relativa al consumo di suolo nelle nuove costruzioni.

La maggior incidenza pro capite della città satellite va, quindi, sostanzialmente imputata alla dimensione demografica, che ha richiesto un'elevata quantità di attrezzature, infrastrutture e servizi e alla sua morfologia spaziale, che riserva ampi spazi al sistema delle accessibilità pedonale e veicolare (oltre il 15% della superficie territoriale). Il risanamento di S. Cristoforo Sud si limita invece al soddisfacimento degli standards urbanistici, conseguibili mediante il recupero delle opere esistenti e l'aggiunta di nuove, pervenendo comunque ad un netto, complessivo miglioramento qualitativo del quartiere. Nel primo caso-studio si stimano infatti un incremento di volumetria edilizia di $96 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e un flusso materico pro capite di 94 tonn/ab. circa mentre nel secondo essi si attestano intorno a $49 \text{ m}^3/\text{m}^2$ e 71 tonn/ab.

Inoltre, la maggiore onerosità degli interventi di riqualificazione degli spazi pubblici attrezzati è compensata dal risparmio di nuova occupazione di suolo, essendo alcune attrezzature esistenti e le sedi stradali di proprietà comunale. La maggiore “economicità”, in termini monetari ed eMergetici, del risanamento dei quartieri degradati della città consolidata è quindi da ricondurre principalmente al “minore spreco edilizio (numero delle abitazioni prodotte e non utilizzate)” e al “minore spreco urbano (consumo del territorio agricolo)” (Cervellati, 1977).

Sarebbe quindi auspicabile procedere in primo luogo al risanamento delle parti degradate e marginali del tessuto urbano “cosiddetto storico”²⁶⁰ anche attraverso interventi puntuali di rimozione delle macerie e demolizione delle numerose abitazioni fatiscenti di scarso valore storico-architettonico, fabbricando, nelle aree così liberate, edifici residenziali tipologicamente idonei al contesto, al fine di assorbire almeno in parte il fabbisogno abitativo. Nel caso specifico della realtà catanese lo stesso procedimento adoperato a S. Cristoforo Sud, se applicato ai quartieri di S. Cristoforo Nord, Lumacari, Forlanini, Purita, S. Berillo Vecchio, Cibali e Consolazione, per i quali, tra l'altro, si prevedono piani di recupero, potrebbe consentire l'alloggiamento di un numero ulteriore di abitanti. In realtà sarebbe opportuno adottare l'attuale strategia politica europea (soprattutto francese, ma anche tedesca, olandese, ecc.) di drastica demolizione e ricostruzione di interi quartieri degradati, situati anche dentro la città consolidata, “non solo in una prospettiva strettamente edilizia ma piuttosto con obiettivi di riqualificazione urbana e di creazione di mixité sociale” (M. Ricci, 2007)²⁶¹.

Successive applicazioni future dell'Analisi EMergetica in ambito territoriale potranno riguardare:

- a) l'indagine sugli aspetti qualitativi delle politiche abitative del social housing che, sottolinea Fattinnanzi (2009)²⁶², deve effettuarsi tramite un approccio multidisciplinare tra l'estimo immobiliare e la valutazione di programmi (piani e progetti);
- b) l'allestimento di innovativi modelli perequativi e compensativi. Ad esempio, la compensazione ecologica preventiva (Pileri, 2007)²⁶³, applicata in numerose esperienze dell'Europa Centrale, in particolare bavaresi, introduce una sorta di terzo onere urbanizzativo, consistente nel bilanciare il danno ambientale arrecato dal consumo di suolo di nuove costruzioni con il ripristino ecologico anche di altre aree, situate altrove. La misura del valore ecologico da recuperare, stimata da questa procedura in base al rapporto di impermeabilità dell'intervento di nuova trasformazione edilizia, può essere esattamente quantificata ricorrendo ai flussi eMergetici che vengono generati;
- c) la scelta delle direttrici di espansione urbana, l'individuazione dell'ottimale dimensione demografica delle città e della razionale

²⁶⁰ “Netto storico per Cervellati e area della conservazione prevalente per Latini” (*Relazione della proposta di P.R.G.*, Comune di Catania, p. 250).

²⁶¹ Ricci M. (2007), *Demolire e ricostruire per riqualificare parti di città*, pp. 7-9.

²⁶² Fattinnanzi E. (2009), *La qualità nell'housing sociale. Il suo ruolo nello sviluppo urbano e nel mercato delle abitazioni*, pp. 21-35.

²⁶³ Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*.

allocazione spaziale delle funzioni urbane tradotti nella ricerca della
configurazione energeticamente più efficiente.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1976), "La bonifica e l'assetto territoriale" n. 2, anno XXX;
- Allegra T. S. (2008), *Il giudizio di valore tra riuso urbano ed espansione illimitata della città di Catania*, in Amata G. (a cura di), *Spazio urbano e spazio rurale nell'area metropolitana catanese*, CUECM, pp. 91-130;
- Amata G. (1978), *L'aggregazione della domanda immobiliare sull'orizzonte metropolitano*, in Zizzo N., Amata G., *Rilievi economici e sociali sull'area geografica del nord-est etneo*, Seminario economico dell'Università di Catania, pp. 38-46;
- Id. (1980), *Il valore sociale*, CULC, Catania;
- Id. (1982), *Per la stima dei danni all'ambiente*, in Amata G. (a cura di), *Il calcolo economico del territorio*, CULC, Catania;
- Id. (1987), *Il valore sociale e l'analisi territoriale*, in Amata G., Notarrigo S., *Energia e ambiente. Una ridefinizione della teoria economica*, CUECM, Catania;
- Id. (1992), *Velocità di crescita urbana e linee propositive d'integrazione città-campagna*, in Amata G. (a cura di), *Lo sviluppo perverso*, CUECM, Catania, pp. 13-63;
- Id. (2007), *Per la riappropriazione e l'approfondimento dell'economia politica*, CUECM, Catania;
- Id. (2008), *La "città" e la "campagna" come metafore del nostro tempo*, in Amata G. (a cura di), *Spazio urbano e spazio rurale*, CUECM, Catania, pp.11-47;
- Id. (2009), *La questione energetica e metodologie di valutazione*, in "Valori e valutazioni" n. 2, pp. 93-109.
- Id. (2011a), *Rapporto pubblico-privato, project financing, redditività pubblica e tasso di sconto: la disamina di alcune categorie per la corretta valutazione*, in "Territorio" n. 5;
- Id. (2011b), *Risorse da valutare nei progetti in partenariato pubblico-privato*, Convegno SIEV, *Opportunità aperte dalle novità legislative dell'ultimo anno*, Bologna, 12 novembre 2011, nell'ambito di URBANPROMO;
- Anderson R. E. (1980), *La conversione biologica dell'energia solare*, Est Mondadori, Milano;
- Atripaldi A.M., Calvagna S., Di Paola C., Martelliano V. (2009), *Una ricerca per il paesaggio. Verso il piano paesaggistico della provincia di Catania*, in "Tecnica e ricostruzione" settembre-dicembre, pp. 28-45;
- Bagnati T., Caruso C., Catenacci G., Cavicchioli C., Riva M., Sala F. (2001), *Rapporto CESI. L'analisi "eMergetica" del sistema elettrico italiano*, CESI, Milano (www.cesi.it);
- Bastianoni S., Niccolucci V., Picchi M. P. (2001), *Thermodynamic analysis of ceramics production in Sassuolo (Italy) from a sustainability viewpoint*, in "Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, n. 66, pp. 273-280;

- Bastianoni S., Campbell D., Susani L., Tiezzi E. (2005), *The solar transformity of oil and petroleum natural gas*, in "Ecological Modelling" n. 186, pp. 212-220;
- Bastianoni S. (2010), *L'analisi eMergetica per il territorio*, in Ferlaino F. (a cura di), *Strumenti per la valutazione ambientale della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano, pp. 160-174;
- Benevolo L. (1968), *Le origini dell'urbanistica moderna*, Laterza, Bari;
- Bianchi A., Caldaretti S. (1999), *Piano Regolatore Generale del Comune di San Gregorio di Catania*;
- Bologna G. (2005), *Mettere in conto la natura*, in Giovanelli F., Di Bella I., Coizet R., *La natura nel conto*, pp. 71-80;
- Boulding K. (1971), *Environment and Economics*, in Murdoch W., *Environment: Resources, Pollution and Society*, Sinauer Associates, Sunderland, pp. 359-367;
- Bresso M. (1993), *Per un'economia ecologica*, La Nuova Italia Scientifica, Roma;
- Id. (1997), *Economia ecologica*, Jaca Book, Milano;
- Brown M. T., Ulgiati S. (1999), *EMergy evaluation of the biosphere and natural capital*, in "Ambio" n. 6, pp. 486-493;
- Brown M.T., Buranakarn V. (2003), *Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options*, in "Resources, Conservation and Recycling" n. 38, pp. 1-22;
- Buranakarn V. (1998), *Evaluation of recycling and reuse of building materials using the emergy analysis method*, PhD. Dissertation, University of Florida;
- Burchell R. W. et al. (1992), *Impact assessment of the New Jersey interim state development and redevelopment plan, Report II: research findings*, New Jersey Office of State Planning, Trenton;
- Camagni R., Capello R., Nijkamp P. (1998), *Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus*, in "Ecological Economics" n. 24, pp. 103-118;
- Camagni R., Gibelli M., Rigamonti P. (2002), *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea Editrice, Firenze;
- Campo G. (2004), *Anabasi di Sicilia. Dalla foce alle sorgenti di fiumi ormai senz'acqua*, Vol. 1°, Prova d'autore, Catania;
- Capra F. (1997), *La rete della vita*, BUR, Milano;
- Caritas Italiana ed équipe di ricerca del progetto "Aree Metropolitane" (a cura di) (2007), *La città abbandonata*, in G. Gianino, *Librino: un presente, per quale futuro?*, Edizioni IDOS – collana Territorio, Roma, pp. 5-33;
- Cervellati P.L. (1977), *Gestione della città e riuso urbano*, in "Piano" n. 2;
- Chapman J., Reiss M. (1994), *Ecologia: principi e applicazioni*, Zanichelli, Bologna;
- Commoner B. (1972), *Il cerchio da chiudere*, Garzanti, Milano;
- Comune di Catania, Assessorato all'Urbanistica (1996), *La città e il piano. Risorse e programmi per Catania*, Convegno internazionale, Catania, 30-31 ottobre;

- Comune di Catania, Settore Pianificazione Urbanistica, Ufficio P.R.G. (1998), *Programma Integrato di Intervento S. Cristoforo Sud, Variante al P.R.G. vigente*;
- Comune di Catania, 5^a Direzione Lavori Pubblici e Infrastrutture, 3° Servizio Programmazione triennale OO.PP., *Scheda Generale Opere Pubbliche 2007-2009*;
- Costanza R. (1989), *What is Ecological Economics?*, in "Ecological Economics" n. 1, pp.1-7;
- Id. (1991), *Ecological Economics*, Columbia University Press, New York;
- Crimi G. (2002), *Piano Regolatore Generale del Comune di San Agata Li Battiati*;
- Da Costa Amoeda R. P. (2009), *Design for deconstruction: EMergy approach to evaluate deconstruction effectiveness*, Tese de Doutoramento, Escola de Arquitectura, Universidade do Minho;
- Daily G. C. (1997), *Nature's service: societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington;
- Dato G., Martinico F. (1991), *Metamorfosi dello spazio urbano nell'area metropolitana di Catania*, in E. D. Sanfilippo (a cura di), *Catania, città metropolitana*, Maimone, Catania;
- Dato G. (1995), *Piano Regolatore Generale del Comune di Mascalucia*;
- Id. (1997), *Pianificazione urbanistica nell'area etnea. Il caso di Aci Catena*, in "Urbanistica" n. 108, pp. 116-121;
- De Rosnay J. (1977), *Il macroscopio*, Dedalo libri; Bari;
- Dickens (1854), *Tempi difficili*, trad. it. 1951, Rizzoli, Milano;
- Di Guardo N. (1995), *Misterbianco. Una storia di lotta della mafia*, Pellegrini, Cosenza;
- Di Liberto G., Giorgianni V., Salemi S. (1995), *Piano Regolatore Generale del Comune di S. G. La Punta*;
- Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi, Università di Siena, Provincia di Bologna (2001), *La contabilità ambientale fisica: analisi eMergetica del sistema idrico artificiale della valle del Samoggia*, in *Implementazione di un sistema di Contabilità Ambientale su scala provinciale e intercomunale*, pp. 53-113;
- Fabbri L. (1972), *Appunti per una metodologia ecologica*, in Fabbri L. (a cura di), *La città inquinata*, Edizioni Medicea, Firenze, pp. 11-30;
- Fattinnanzi E. (2009), *La qualità nell'housing sociale. Il suo ruolo nello sviluppo urbano e nel mercato delle abitazioni*, in "LaborEst" n. 4, pp. 21-35.
- Federici M., Ulgiati S., Basosi R. (2008), *A thermodynamic, environmental and material flow analysis of the Italian highway and railway transport systems*, in "Energy" n. 33, pp. 760-775;
- Ferlino F., Tiezzi E. (a cura di), (2001), *Analisi eMergetica della sostenibilità ambientale della regione Piemonte e del Comune di Torino*, IRES, Torino;
- Ferlino F. (2005), *Valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio*, in Ferlino F. (a cura di), *La sostenibilità ambientale del territorio. Teorie e metodi*, UTET, Torino, pp. 7-37;
- Forte C. (1971), *I costi di urbanizzazione*, Giuffrè, Milano;

- Id. (1972), *Ecologia ed economia urbana*, in Fabbri L. (a cura di), *cit.*, pp. 51-81;
- Forte F. (a cura di), (1978), *Progettazione urbanistica e territoriale attraverso l'analisi della soglia*, Franco Angeli, Milano;
- Franceschetti G., Pagan M. (2007), *Indicatori di sostenibilità delle trasformazioni territoriali nella VAS*, in "Estimo e Territorio" n. 12, pp. 14-27;
- Fulci C., Leone R., Papale F. (2005), *Piano Regolatore Generale del Comune di Gravina di Catania*;
- Fusco Girard (1974), *L'evoluzione della logica estimativa*, Facoltà di Architettura, Università di Napoli;
- Fusco Girard L., Nijkamp P. (1997), *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano;
- Id. (2004), *Energia, bellezza, partecipazione: la sfida della sostenibilità*, FrancoAngeli, Milano;
- Gabellini P. (2007), *Tecniche urbanistiche*, Carocci, Roma;
- Georgescu Roegen N. (1971), *The entropy law and the economic problem*, Harward university Press, Cambridge;
- Id. (1982), *Energia e miti economici*, Boringhieri, Torino;
- Gianino G. (2007), *Librino: un presente, per quale futuro?*, Edizioni IDOS – collana Territorio, Roma;
- Giannantoni C. (2006), *Il principio della massima potenza eMergetica come base per una termodinamica della qualità*, Ordine degli Ingegneri di Pescara, Sigraf;
- Gibelli M. C. (2002), *La dispersione urbana: approcci interpretativi e normativi in ambito internazionale*, in Camagni R., Gibelli M., Rigamonti P., *cit.*, pp. 15-76.
- Gorz A. (1978), *Ecologia e politica*, Cappelli, Bologna;
- Haeckel E. (1866), *Generelle Morphologie der organismen*, Allgemeine Entwicklungsgeschichte der organismen, Berlino, p. 286;
- Huang S., Odum H. T. (1991), *Ecology and economy: eMergy synthesis and public policy in Taiwan*, in "Journal of Environmental Management" n. 32, pp. 313-333;
- Huang S. (1998), *Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis*, in "Journal of Environmental Management" n. 52, pp. 39-51;
- Huang S., Lai H., Lee C. (2001), *Energy hierarchy and urban landscape system*, in "Landscape and Urban Planning" n. 53, pp. 145-161;
- Huang S., Hsu W. (2003), *Materials flow analysis and eMergy evaluation of Taipei's urban construction*, in "Landscape and Urban Planning" n. 63, pp. 61-74;
- Huang S., Lai H., Lee C. (2007), *Energetic mechanisms and development of an urban landscape system*, in "Ecological Modelling" n. 201, pp. 495-506;
- Indovina F. (2011), *Dispersione dell'urbanizzazione nel territorio: visioni e sfide*, in Martinico F. (a cura di), *Ricerca, didattica e prassi urbanistica nelle città del Mediterraneo*, Gangemi, Roma, pp. 113-128;
- Istat (2000), *5° Censimento Generale dell'Agricoltura*;

- Id. (2001), *14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni*;
- Jelinek J. (1988), *La grande enciclopedia illustrata dell'uomo preistorico*, Melita editori, La Spezia;
- Jevons S. (1879), *The theory of political economy*, MacMillan, London (trad. it. 1952, SEI, Torino);
- La Greca P. (2007), *Pianificazione territoriale urbanistica e mitigazione dei suoi effetti sui deflussi*, in Corso di aggiornamento "Criteri e strumenti per la gestione dei deflussi meteorici. Dalle aree urbane a dalle strade extraurbane", Catania, 23 febbraio;
- La Rosa A. D., Siracusa G., Cavallaro R. (2008), *Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming*, in "Journal Cleaner Production" n. 17, pp. 1907-1914;
- Legambiente (2011), *Rapporto cave 2011*;
- Lichfield N., Margolis J. (1965), *L'analisi dei costi e benefici come strumento decisionale per l'amministrazione urbana*, in Secchi B. (a cura di), *Analisi delle strutture territoriali*, Franco Angeli, Milano, pp. 348-399;
- Lokta A. J. (1922), *Contribution to the energetics of evolution. Natural selection as a physical principle*, in "Proc. Natl. Acad. Sci." vol. 8, , pp. 147-155;
- Id. (1925), *Elements of Physical biology*, Williams and Wilkins Company, Baltimore;
- Magnaghi A., Marson A. (2005), *Democrazia locale e politiche ambientali*, in Giovanelli F., Di Bella I., Coizet R., *Ambiente condiviso*, Edizioni Ambiente, pp. 99-124;
- Malisz B. (1964), *L'analisi delle possibilità di sviluppo urbano*, in "Urbanistica" n. 41, pp. 8-15.
- Marchettini N., Panzieri M., Niccolucci V., Bastianoni S., Borsa S. (2003), *Sustainability indicators for environmental performance and sustainability assessment of the productions of four fine Italian wines*, in "International Journal of Sustainable Development & World Ecology", n. 3, pp. 275-282;
- Marchettini N., Ridolfi R. Rustici M., (2007), *An environmental analysis for comparing waste management options and strategies*, in "Waste Management" n. 4, pp. 562-571;
- Marletta L. (2008), *Energie rinnovabili: realtà e prospettive*, in "Tecnica e ricostruzione" gennaio-aprile, pp. 75-78;
- Martinez-Alier J. (1991a), *Valutazione economica e valutazione ecologica come criteri di politica ambientale*, in "Capitalismo Natura Socialismo" n. 1, pp. 15-18;
- Id. (1991b), *Economia ecologica*, Garzanti, Milano;
- Id. (2009), *Ecologia dei poveri*, Jaca Book, Milano;
- Martinico F. (2005), *Aree in transizione. Note sull'insediamento delle attività produttive in zona agricola in Sicilia*, in Savino M. (a cura di), *Pianificazione alla prova nel Mezzogiorno*, Franco Angeli, Milano;
- Martini P. (2000), *Il piano del sistema di approvvigionamento idrico di Catania*, in "L'acqua" n. 6, pp. 99-120;
- Marx (1867), *Il Capitale*, Libro I, trad. it., 1996, Newton, Roma;

- Id. (1875), *Critica al "Programma di Gotha" del partito operaio tedesco*.
- Id. (1965), *Il capitale*, libro III, Editori riuniti, Roma;
- McNaughton S. J. (1976), *Serengeti migratory wildbeest: facilitation of energy flow by grazing*, in "Science" n. 278, pp. 92-94;
- Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens III W. W. (1972), *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano;
- Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J. (1993), *Oltre i limiti dello sviluppo*, Il Saggiatore, Milano;
- Id. (2006), *I nuovi limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano;
- Messina D. (2002), *Canalicchio frazione di Tremestieri (appunti per una storia)*, Broker Services, Belpasso;
- Michieli I., Michieli M. (2002), *Trattato di Estimo*, Edagricole, Bologna;
- Minett S., Scott S. (1985), *Teoretical considerations of heat flux on Mount Etna, Sicily*, in "Journal of Volcanology and Geothermal Research" n. 25, pp. 53-67;
- Mondini G. (2009), *Bilanci e prospettive*, in Bottero M., Mondini G. (a cura di), *Valutazione e sostenibilità*, Celid, Torino;
- Nebbia G. (1984), *Produrre che cosa?*, in "Problemi della transizione" n. 15, p. 81;
- Id. (1997), *La circolazione natura-merci-natura*, in "Aspo Italia" (www.aspoitalia.it);
- Id. (2002), *Le merci e i valori. Per una critica ecologica al capitalismo*, Jaca Book, Milano;
- Id. (2011), *Sessant'anni di alluvioni*, in "La gazzetta del Mezzogiorno", 8 novembre 2011;
- Newman P., Kenworthy J. (1989), *Cities and automobile dependence: an international sourcebook*, Gower, Aldershot;
- Notarrigo S. (1980), *Introduzione*, in Amata G. (1980), *Il valore sociale*, CULC, Catania, pp. III-XIV;
- Odum E. P. (1988), *Basi di ecologia*, Piccin, Padova;
- Odum E. P., Barrett G. W. (2005), *Fondamenti di Ecologia*, Piccin, Padova;
- Odum H. T. (1967), *Energetics of world food production*, in President's Science Advisory Committee report, *Problems of world food supply*, vol. 3, White House, Washington;
- Id. (1973). *Energy, ecology and economics*, in "Ambio" n. 2, pp. 220-227;
- Id. (1977), *Energy analysis, energy quality and environment*, in Gilliland M.W., *Energy Analysis: A New Public Policy Tool*, Westview Press, Boulder, pp. 55-87;
- Odum, H. T., and Odum E. C. (1983), *Energy Analysis Overview of Nations*, Working Paper, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria;
- Odum H. T. (1996), *Environmental Accounting. Energy and Environmental Decision Making*, John Wiley and Sons, New York;
- Odum H., Brown M., Brandt-Williams S. (2000), *Handbook of EMerger Evaluation. Folio # 1. Introduction and Global Budget*, Centre for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, (www.emergysystems.org);

- Odum H. T. (2000), *Handbook of eMergy evaluation. Folio #2. EMergy of global processes*, Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, (www.emergysystems.org);
- Odum H. T., Odum E. C., (2001), *A prosperous way down. Principles and policies*, University Press of Colorado, Boulder;
- Odum H. T. (2005), *Un'analisi basata su "eMergy" ed "emdollari"*, in Ferlaino F. (a cura di), *cit.*, pp. 104-123;
- Id. (2007), *Environmental, power and society. For the Twenty-First Century. The Hierarchy of energy*, Columbia University Press, New York;
- Ombuen S. (2006), *Governo del territorio e pianificazione locale*, in AA.VV., *Rapporto dal territorio 2005*, Uni Edizioni, Roma, pp. 75-130;
- OSSERP-Etna, *Proposta e documentazione tecnica*, fascicolo presentato il 12-11-2002 in audizione con la IV Commissione Legislativa dell'Assemblea Regionale Siciliana;
- Otero A. (2006), *Analisi dei prezzi per ristrutturazioni, recuperi e restauri*, Grafill, Palermo, pp. 24-25.;
- Petty W. (1972), *Scritti*, Iota libri, Milano;
- Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*, Carocci, Roma.
- Podolinsky S. (1880-3), *Le socialisme et l'unitè des forces physiques*, in "Revue Socialiste", giugno 1880; *Il socialismo e l'unità delle forze fisiche*, in "La Plebe", 1881; *Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft*, in "Die Neue Zeit", marzo-aprile 1883;
- Polelli M. (2006), *Nuovo trattato di Estimo*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN);
- Prigogine I., Nicolis G. (1982), *Le strutture dissipative. Auto-organizzazione dei sistemi termodinamici di non-equilibrio*, Sansoni, Firenze;
- Privitera S. (2001), *Barriera-Canalicchio. Storia, evoluzione e immagini di un quartiere*, Prova d'Autore, Catania;
- Provincia regionale di Catania (2007), *Piano energetico*, Catania;
- Pulselli R. M., Rustici M., Marchettini N. (2007), *An integrated Framework for Regional Studies: EMergy Based Spatial Analysis of the Province of Cagliari*, in "Environmental Monitoring and Assessment" n. 133, pp. 1-13;
- Pulselli R. M., Pulselli F., Rustici M. (2008), *EMergy accounting of the Province of Siena: towards a thermodynamic geography for regional studies*, in "Journal of Environmental Management" n. 86, pp. 342-353;
- Pulselli R. M., Simoncini E., Pulselli F.M., Bastianoni S. (2007), *EMergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: eM-building indices to evaluate housing sustainability*, in "Energy and buildings" n. 39, pp. 620-628;
- Pulselli R. M., Simoncini E., Ridolfi R., Bastianoni S. (2008), *Specific eMergy of cement and concrete: An Energy-based appraisal of building materials and their transport*, in "Ecological indicators", n. 8, pp. 647-656;
- Pulselli R. M., Simoncini E., Marchettini N. (2009), *Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to*

- geographical location and climate*, in "Building and Environment" n. 44, pp. 920-928;
- Quesnay F. (1758-59), *Tableau economique*, CUECM, Catania;
 - RERC/Real Estate Research Corporation (1974), *The costs of sprawl: Environmental and economic costs of alternative residential development patterns at the urban fringe*, US Government Printing Office, Washington;
 - Realfonzo A. (1994), *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, La Nuova Italia Scientifica, Roma;
 - Ricardo D. (2006), *Principi di economia politica e dell'imposta*, UTET, Torino;
 - Ricci M. (2007), *Demolire e ricostruire per riqualificare parti di città*, in "Urbanistica Informazioni" n. 132, pp. 7-9.
 - Rifkin J. (1982), *Entropia*, Mondadori, Milano;
 - Rizzo F. (1979), *Linee storiche di espansione urbana ed analisi delle teorie della città*, Facoltà di Ingegneria, Università di Catania;
 - Id. (2000), *Il territorio come organizzazione autopoietica, struttura dissipativi e sistema politico-amministrativo: una scienza del valore e delle valutazioni*, in Macciocco G., Marchi G., *Dimensione ecologica e sviluppo locale: problemi di valutazione*, FrancoAngeli, Milano, pp. 31-64;
 - Roscelli R. (1990), *Misurare nell'incertezza*, Celid, Torino;
 - Rossi G., Cancelliere A., Foti E. (1996), *Eccezionalità della pioggia e vulnerabilità delle aree urbane: il caso dell'alluvione del 13 marzo 1995 sul versante orientale dell'Etna*, convegno CNR, "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica";
 - Saaty T. L. (2005), *Theory and applications of the Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh;
 - Salzano E. (1998), *Fondamenti di urbanistica. La storia e la norma*, Laterza, Roma;
 - Sanfilippo E. D., Busacca P., Faro F. (1976), *Urbanistica e quartieri. L'abitazione nell'area catanese*, Documenti IDAU n. 76, Catania;
 - Sanfilippo E.D. (a cura di), (1991), *Catania, città metropolitana*, Maimone, Catania;
 - Sardinia P. (1995), *Tra l'Etna e il mare. Vita cittadina e mondo rurale a Catania dal Vespro ai Martini (1261/1410)*, Sicania, Messina;
 - Schilleci F. (2005), *Il contesto normativo in Sicilia. Una difficile pianificazione tra ritardi e resistenze*, in Savino M. (a cura di), *Pianificazione alla prova nel Mezzogiorno*, Franco Angeli, Milano;
 - Schmidt di Friedberg P. (1998), *Parte generale*, in Schmidt di Friedberg P., Malcevschi S., *Guida pratica agli studi di impatto ambientale*, pp. 1-29;
 - Scienceman D. (1987), *Energy and eMergy*, in Pillet G., Murota T. (a cura di), *Environmental economics: The Analysis of a Major Interface*, Roland Leimgruber, Ginevra, pp. 257-276;
 - Secchi B. (1964), *Primi risultati di alcune ricerche sui costi di insediamento nelle aree metropolitane italiane*, in "Urbanistica" n. 41, pp. 19-23;
 - Simoncini E., *Analisi eMergetica di un edificio: effetti di materiali e tecniche della bioarchitettura*, tesi di laurea specialistica, Dipartimento

- di scienze e tecnologie chimiche e dei biosistemi, Università di Siena, A.A. 2004-2005;
- Simoncini E., Coppola F., Borsa S., Pulselli F. M. (2009), *Honey and sugar as surrogate products: an eMergy evaluation*, in "International Journal of Design & Nature and Ecodynamics", n. 2, pp. 143-153;
 - Stanghellini (1990), *I costi di riurbanizzazione*, Franco Angeli, Milano;
 - Id. (1999), *Riforma urbanistica e domanda di valutazione*, in Lombardi P., Micelli E., *Le misure del piano*, FrancoAngeli, Milano, pp. 25-40;
 - STA progetti (1997), *Variante del Piano di Zona di Librino*, Catania;
 - Stellin G., Stanghellini S. (1997), *Politiche di riqualificazione delle aree metropolitane: domanda di valutazione e contributo delle discipline economico-estimative*, in "Genio rurale" n. 7/8, pp. 47-55.
 - Tange K. e Urtec (1972), *Relazione del progetto del Piano di Zona Librino*, Tokyo;
 - Id. (1976), *Librino New Town Project for 60.000 population, Sicily*, in "Japan architect" n. 234, pp. 85-89.
 - Tiezzi E. (1984), *Tempi storici, tempi biologici*, Garzanti, Milano;
 - Tiezzi E., Marchettini N. (1999), *Che cos'è lo sviluppo sostenibile?*, Donzelli, Roma;
 - Tiezzi E. (a cura di), (2002), *Analisi eMergetica della provincia*, Provincia di Bologna Settore Ambiente;
 - Id. (a cura di), (2003), *Analisi della sostenibilità ambientale della provincia di Rimini*, Provincia di Rimini, Assessorato all'Ambiente;
 - Id. (a cura di), (2007), *Analisi di sostenibilità per la provincia di Pescara*, Provincia di Pescara, Assessorato all'Ecologia;
 - Tomarchio L., Triolo L. (1981), *Le richieste di energia in agricoltura*, in "Sapere", febbraio;
 - Turner R. K., Pearce D. W., Bateman I. (1993), *Environmental Economics*, John Hopkins University Press (trad. it. 2003, Il Mulino, Bologna);
 - Ulgiati S., Odum H. T., Bastianoni S. (1994), *EMergy analysis, environmental loading and Sustainability. An eMergy analysis of Italy*, in « Ecological Modelling » n. 73, pp. 215-268;
 - Von Bertalanffy L. (1971), *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni*, ILI, Milano;
 - Wackernagel M., Rees W. E. (1996), *Our ecological footprint. Reducing human impact on the earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia (trad. it. 2004, Edizioni Ambiente, Milano);
 - Zamagni S. (1982), *Introduzione*, in Geogescu-Roegen N., *Energia e miti economici*, pp. 9-22;
 - Zemansky. M. W., Abbott M. M., Van Ness H. C. (1979), *Fondamenti di termodinamica per ingegneri*, Zanichelli, Bologna, pp. 189-190;
 - Zinoni G. (2003), *Appunti di economia energetica*, in www.altronovecento.quipo.it/numero7.
 - Zizzo N. (1992), *Le direttrici di espansione della città di Catania*, in Amata G. (a cura di), *Lo sviluppo perverso*, pp. 115-121.
 - Zorzoli G. B., Ragozzino G., (2006), *Un mondo in riserva*, Franco Muzzio Editore, Roma.

ALLEGATI

ALLEGATO A. Riferimenti bibliografici delle transformity utilizzate in questa tesi

| | |
|---|---|
| A | Odum H.T., Brown M. T., Brandt-Williams S. (2000), <i>Folio #1. Introduction and Global Budget</i> , Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida. |
| B | Ulgiati S., Odum H.T., Bastianoni S. (1994), <i>EMergy use, environmental loading and sustainability. An eMergy analysis of Italy</i> , in "Ecological Modelling" n. 73, pp. 215-268. |
| C | AA.VV. (2001), Provincia di Bologna, Assessorato Ambiente, <i>Implementazione di un sistema di contabilità ambientale su scala provinciale e intercomunale</i> . |
| D | AA.VV. (2002), Provincia di Bologna, Settore Ambiente, <i>Analisi eMergetica della provincia</i> . |
| E | Odum H.T. (1996), <i>Environmental accounting. EMergy and environmental decision making</i> , John Wiley and sons, NY. |
| F | Bastianoni S., Campbell D., Susani L., Tiezzi E. (2005), <i>The solar transformity of oil and natural gas</i> , in "Ecological Modelling" n. 186, pp. 212-220. |
| G | Ulgiati S., Odum H.T., Bastianoni S. (1993), <i>EMergy analysis of Italian agricultural system. The role of energy quality and environmental inputs</i> . In Bonati L., Cosentino U., Lasagni M., Moro G., Pitea D., and Schiraldi A. (Editors), "Trends in Ecological Physic". |
| H | Tiezzi E. (a cura di) (2007), Provincia di Pescara, Assessorato all'Ecologia, <i>Analisi di sostenibilità per la provincia di Pescara. Mappe di sostenibilità ed impronta ecologica</i> , Pescara. |
| I | Simoncini E., Coppola F., Borsa S. e Pulselli F.M. (2009), <i>Honey and sugar as surrogate products: an eMergy evaluation</i> , in "International Journal of Design & Nature and Ecodynamics", n. 2, pp. 143–153. |
| L | Brown M.T., Arding J.E. (1991), <i>Transformity Working Paper</i> , Center for Wetlands, University of Florida. |
| M | Odum H.T. (1992), <i>EMergy and Public Policy. Part I-II</i> , Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida. |
| N | Odum H.T. e Odum E.C. (1987), <i>Ecology and economy. EMergy analysis and public policy in Texas</i> , Lyndon B. Johnson School of Public Affairs, Policy Research Project Report n. 78. |
| O | Odum H.T. e Arding J.E. (1991), <i>EMergy analysis of shrimp mariculture in Ecuador</i> , Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida. |

| | |
|---|---|
| P | Odum, H.T. and Odum E.C. (1983), <i>Energy Analysis Overview of Nations</i> , Working Paper WP-83-82, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. |
| Q | Brown M.T., Buranakarn V. (2003), <i>EMergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options</i> , in "Resources, Conservation and Recycling" n. 38, pp. 1-22. |
| R | Bjorklund J., Geber U., Rydberg T. (2000), <i>EMergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge</i> , in "Resources, conservation and recycling" vol. 31 n. 4, pp. 293-316. |
| S | Pulselli R. M., Simoncini E., Pulselli F., Bastianoni S. (2007), <i>EMergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: EM-building indice to evaluate housing sustainability</i> , in "Energy and buildings" n. 39, pp. 620-628. |
| T | Bastianoni S., Niccolucci V., Picchi M. P. (2001), <i>Thermodynamic Analysis of Ceramics Production in Sassuolo (Italy) from a Sustainability Viewpoint</i> , in "Journal of Thermal Analysis and Calorimetry" vol. 66, n.1, pp. 273-280. |
| U | Buranakarn V. (1998), <i>Evaluation of recycling and reuse of building materials using the eMergy analysis method</i> , University of Florida. |
| V | F. Meillaud, J.B. Gay, M.T. Brown (2005), <i>Evaluation of a building using the eMergy method</i> , in "Solar Energy" vol. 79, n. 2, pp. 204-212. |
| Z | Amoeda R. (2009), <i>Design for deconstruction: EMergy approach to evaluate deconstruction effectiveness</i> , University of Minho. |

ALLEGATO B. Il primo caso-studio

Allegato alle tabelle 3.3, 3.4 e 3.5

| N. | INPUT | CATEGORIE | | A. M. | A. P. | A. C. | RIF. BIBL. |
|----|--------------------------------------|---|---|-----------|----------|----------|------------|
| 1 | ENERGIA SOLARE | Piattaforma continentale | mq | 1,48E+08° | 3,55E+07 | 0 | |
| | | (fino a 200 m di profondità) | | | | | |
| | Superficie territoriale | mq | 9,52E+08 | 1,05E+09 | 1,55E+09 | | |
| | Radiazione solare media incidente | J/mq/anno | 5,85E+09 | | | | a |
| | Albedo sulla superficie territoriale | % | 20 | | | | |
| | | Albedo sulla piattaforma continentale | % | 35 | | | |
| | | Energia solare = (s. territoriale+p. continentale)*(insolazione)*(1-albedo) | J/anno | 5,02E+18 | 5,04E+18 | 7,26E+18 | |
| 2 | PIOGGIA | Precipitazione media annuale | m | 6,78E-01 | 7,22E-01 | 5,06E-01 | b |
| | | Tasso di evapotraspirazione | % | 43 | | | c |
| | Densità dell'acqua | g/mc | 1,00E+06 | | | | |
| | | | Quantità = (s. territoriale)*(pioggia)*(t. evapotrasp.)*(dens. acqua) + (p. continentale)*(pioggia)*(dens. acqua) | g/anno | 3,82E+14 | 3,6E+14 | 3,4E+14 |
| 3 | VENTO | Altitudine | m | 1,00E+03 | | | |
| | | Densità dell'aria | kg/mc | 1,23E+00 | | | d |
| | Coefficiente di diffusione | mq/sec | 1,50E+01 | | | e | |
| | Velocità del vento a 1000 metri | m/sec | 3,95E+00 | | | f | |
| | | | sec/anno | 3,15E+07 | | | |
| | | Energia cinetica vento = (s. territoriale.+p. continentale)*(altitud.) ⁻¹ *(dens. aria)*(coeff. diff.)*(vel. vento) ² *(sec/anno) | J/anno | 8,63E+15 | 9,5E+15 | 1,4E+16 | |
| 4 | ONDE | lunghezza costa (comp. parallela al fronte d'onda) | m | 3,60E+04 | 1,60E+04 | | |
| | | Flusso energetico medio | W | 9,29E+03 | | | g |
| | | Energia cinetica onde = (lunghezza costa)*(flusso energetico)*(sec/anno) | J/anno | 1,05E+16 | 4,69E+15 | | |
| 5 | MAREE | Numero maree all'anno | num | 7,30E+02 | | | |
| | | Altezza media maree | m | 4,00E-01 | | | g |
| | | Densità acqua salata | kg/mc | 1,03E+03 | | | c |

| | | | | | | | |
|-----|---|--|--------------------|----------|----------|----------|---|
| | Accelerazione di gravità | | m/sec ² | 9,8 | | | |
| | Energia maree = (p. continentale)*(0,5)*(n. maree)*(altezza media maree) ² *(dens. acqua)*(acc. gravità) | | J/anno | 8,74E+13 | 2,09E+13 | | |
| 6 | CALORE GEOTERMICO | Sup. territoriale vulcano Etna | mq | 5,39E+08 | 1,05E+09 | | h |
| | | Flusso medio di calore vulcano Etna | W/mq/anno | 1,20E-01 | | | h |
| | | Flusso medio di calore rimanente s. territoriale | W/mq/anno | 6,00E-02 | | | h |
| | | Calore geotermico = (s. territoriale)*(flusso di calore)*(sec/anno) | J/anno | 2,82E+15 | 3,97E+15 | 9,31E+14 | |
| 14 | EROSIONE DEL SUOLO | (Si trascura l'erosione relativa alle aree con vegetazione matura) | | | | | |
| | | SAU | mq | 3,39E+08 | 3,66E+08 | 9,48E+08 | i |
| | | Erosione del suolo | g/mq/anno | 100 | 50 | 180 | l |
| | | Percentuale di sostanze organiche presenti nel suolo | % | 0,03 | | | m |
| | | Contenuto energetico delle sostanze organiche | kcal/g | 5 | | | m |
| | | J/Kcal | | 4186 | | | |
| | Energia = (SAU)*(eros. suolo)*(% sost. org.)*(cont. energetico/g sost.org.)*(J/kcal) | J/anno | 2,13E+13 | 1,15E+13 | 1,07E+14 | | |
| 15 | CONSUMI IDRICI | Consumi idrici all'anno per uso civile | mc/anno | 1,17E+08 | 2,44E+07 | 1,96E+07 | n |
| | | Densità dell'acqua | g/mc | 1,00E+06 | | | |
| | | Consumi idrici = (consumi idrici)* (dens. acqua) | g/anno | 1,17E+14 | 2,44E+13 | 1,96E+13 | |
| 16 | ENERGIA ELETTRICA | Produzione (e consumo) energia idroelettrica | MWh/anno | 3,39E+04 | 6,64E+04 | | o |
| 17 | | Produzione (e consumo) energia eolica | MWh/anno | | | 1,33E+05 | o |
| 18 | | Consumo energia importata | MWh/anno | 2,60E+06 | 3,53E+05 | 2,18E+05 | o |
| | | J/MWh | | 3,60E+09 | | | |
| | | Consumo energia idroelettrica = (consumo energia elettrica)*(J/MWh) | J/anno | 1,22E+14 | 2,39E+14 | | |
| ... | | | | | | | |
| 19 | COMBUSTIBILI PETROLIFERI | Consumo combustibili per autotrazione all'anno | TEP/anno | 4,51E+05 | 1,01E+05 | 6,90E+04 | o |
| 20 | | Consumo gasolio | TEP/anno | 2,55E+04 | 1,61E+04 | 3,10E+04 | o |
| 21 | | Consumo olio combustibile | TEP/anno | 1,29E+04 | 2,01E+03 | 1,34E+03 | o |
| 22 | | Consumo GPL | TEP/anno | 3,73E+04 | 9,27E+03 | 7,32E+03 | o |
| 23 | | Consumo gas naturale | TEP/anno | 1,14E+05 | 2,51E+04 | 1,94E+04 | o |
| | | kcal/TEP | | 1,00E+07 | | | |
| | | Consumo combustibili per autotrazione all'anno = (consumo)*(kcal/TEP)*(J/kcal) | J/anno | 1,89E+16 | 4,23E+15 | 2,89E+15 | |
| ... | | | | | | | |
| 24 | CEREALI | Quantità | g/anno | 5,69E+10 | 1,38E+10 | 1,11E+10 | |

| | | | | | | |
|----|---|-----------|----------|----------|----------|---|
| | Contenuto energetico | kcal/g | 3,3 | | | p |
| | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 7,86E+14 | 1,91E+14 | 1,53E+14 | |
| | OLEAGINOSI | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 2,00E+09 | 4,86E+08 | 3,89E+08 | |
| 25 | Contenuto energetico | kcal/g | 6,1 | | | p |
| | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 5,10E+13 | 1,24E+13 | 9,93E+12 | |
| | ALTRI SEMINATIVI | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 1,96E+10 | 4,77E+09 | 3,82E+09 | |
| 26 | Contenuto energetico | kcal/g | 3,4 | | | e |
| | Energia = (quantità)*(con.to energetico)*(J/kcal) | J/anno | 2,79E+14 | 6,79E+13 | 5,44E+13 | |
| | ORTAGGI | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 1,70E+09 | 4,12E+08 | 3,30E+08 | |
| 27 | Contenuto energetico | kcal/g | 2,00E-01 | | | p |
| | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 1,42E+12 | 3,45E+11 | 2,76E+11 | |
| | AGRUMI | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 1,92E+09 | 4,68E+08 | 3,74E+08 | |
| 30 | Contenuto energetico | kcal/g | 4,40E-01 | | | p |
| | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 3,54E+12 | 8,61E+11 | 6,90E+11 | |
| | ALTRA FRUTTA | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 2,36E+10 | 5,74E+09 | 4,60E+09 | |
| 31 | Contenuto energetico | kcal/g | 5,50E-01 | | | p |
| | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 5,44E+13 | 1,32E+13 | 1,06E+13 | |
| | ALLEVAMENTI ZOOTECNICI | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 1,16E+09 | 9,42E+08 | 7,83E+08 | |
| 32 | Percentuale di sostanze organiche | % | 0,22 | | | c |
| | Contenuto energetico delle sostanze organiche | kcal/g | 5 | | | c |
| | Energia = (quantità)*(% sost. org.)*(cont. energ./g sost.org.)*(J/kcal) | J/g | 5,34E+12 | 4,34E+12 | 3,61E+12 | |
| | PESCI ED ALTRI PROD. PESCA | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 6,00E+08 | 1,46E+08 | 1,17E+08 | |
| 35 | Percentuale di sostanze organiche | % | 0,22 | | | c |
| | Contenuto energetico delle sostanze organiche | kcal/g | 5 | | | c |
| | Energia = (quantità)*(% sost. org.)*(cont. energ./g sost.org.)*(J/kcal) | J/g | 2,76E+12 | 6,71E+11 | 5,38E+11 | |
| | MINERALI COMBUSTIBILI SOLIDI | | | | | |
| | Quantità | Tonn/anno | 3,57E+03 | 3,69E+01 | 2,86E+02 | |
| 38 | Potere calorifico | kcal/Tonn | 7,00E+06 | | | d |
| | Energia = (quantità)*(potere calorifico)*(J/kcal) | J/anno | 1,04E+14 | 1,08E+12 | 8,37E+12 | |
| | DERRATE ALIMENTARI E BEVANDE | | | | | |
| | Quantità | g/anno | 9,83E+10 | 2,01E+10 | 1,57E+10 | |
| 39 | Percentuale di sostanze organiche | % | 0,22 | | | c |
| | Contenuto energetico delle sostanze organiche | kcal/g | 5 | | | c |

| | | | | | | | |
|----|---|---|--------|----------|----------|----------|---|
| | | Energia = (quantità)*(% sost. org.)*(cont. energ./g sost.org.)*(J/kcal) | J/g | 4,53E+14 | 9,25E+13 | 7,24E+13 | |
| 40 | PRODOTTI TESSILI E ABBIGLIAMENTO | Quantità | g/anno | 2,08E+09 | 9,45E+08 | 2,82E+08 | |
| | | Potere calorifico | J/g | 1,58E+04 | | | q |
| | | Energia = (quantità)*(potere calorifico)*(J/kcal) | J/anno | 3,28E+13 | 1,49E+13 | 4,46E+12 | |
| 41 | PELLI E CUOIO | Quantità | g/anno | 1,52E+09 | 3,32E+07 | 1,11E+07 | |
| | | Potere calorifico | J/g | 1,58E+04 | | | q |
| | | Energia = (quantità)*(potere calorifico)*(J/kcal) | J/anno | 2,40E+13 | 5,25E+11 | 1,75E+11 | |
| 42 | LEGNO E SUGHERO | Quantità | g/anno | 4,49E+10 | 1,23E+10 | 1,15E+10 | |
| | | Potere calorifico | J/g | 1,51E+04 | | | c |
| | | Energia = (quantità)*(potere calorifico)*(J/kcal) | J/anno | 6,77E+14 | 1,86E+14 | 1,73E+14 | |
| 56 | UVE | Importazione altra frutta | g/anno | 1,68E+10 | 4,50E+09 | 3,28E+09 | |
| | | Contenuto energetico | kcal/g | 6,80E-01 | | | p |
| | | Energia = (quantità)*(contenuto energetico)*(J/kcal) | J/anno | 4,80E+13 | 1,17E+13 | 9,34E+12 | |

°Con la notazione 1,48E+08 si intende 1,48x10⁸

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI DEI DATI UTILIZZATI

- a** APAT (2007), *Gli indicatori del clima in Italia nel 2006*. Anno II, Roma;
-
- b** media dei valori rilevati negli anni 1921-2003; UIR (Ufficio Idrografico Regione), *Annali Idrologici* (parte prima);
-
- c** Ulgiati S., Odum H.T., Bastianoni S. (1994);
-
- d** Odum H. (1996), p. 294;
-
- e** Ferlaino F., Tiezzi E., (2001), p. 196;
-
- f** ENAV (Ente Nazionale di Assistenza al volo), Osservatorio di Catania - Fontanarossa, anni 1961-1990; Foti E. (2009), *Note di idraulica marittima e ingegneria costiera*, DICA, Università di Catania, p. 148;
-
- g** APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) (2004), *Progetto atlante costiero*, Roma, p. 438;
-
- h** Minett S. T., Scott S. C. (1985), *Theoretical considerations of heat flux on Mount Etna*, in "Journal of Volcanology and Geothermal Research" n. 25, pp. 53-67;
-
- i** Assessorato regionale Agricoltura e Foreste (2006), Ispettorato agricolo e forestale di Catania;
-
- l** Assessorato regionale Agricoltura e Foreste (2007), *Programma di sviluppo rurale. Sicilia 2007-2013*, Palermo;
-
- m** Odum, H. T. (1992), *Emergy and Public Policy. Part I-II*, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida;
-
- n** Martini P. (2000), *Il piano del sistema di approvvigionamento idrico di Catania*, in "L'acqua" n. 6, pp. 99-119;
-
- o** media dei valori rilevati negli anni 2000-2005; Provincia regionale di Catania (2007), *Piano energetico*, Catania.
-
- p** www.INRAN.it (Istituto Nazionale di Ricerca per gli alimenti e la nutrizione).
-
- q** Odum H.T. e Odum E.C. (1987), *Ecology and economy. Emergy analysis and public policy in Texas*, Lyndon B. Johnson School of Public Affairs, Policy Research Project Report n. 78.
-

ALLEGATO C. Il secondo caso studio

Tav. C.1.1 - Analisi EMergetica della palestra del Centro direzionale sportivo di Librino

| | Voci | Materiali | Quantità | Densità | Transformity | Rif. Bibl. | EMergia |
|----|---|------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------|------------|--------------|
| | Movimenti di materie | | | | | | 3,04% |
| 1 | Scavo di sbancamento | suolo | 4,25E+03 ³ m ³ | 1,00E+09 J/m ³ | 1,24E+05 sej/J | A | 5,30E+17 sej |
| | Struttura | | | | | | 65,86% |
| 2 | Travi e pilastri | calcestruzzo | 2,29E+03 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 9,96E+18 sej |
| 3 | Armature per travi e pilastri | acciaio | 1,95E+08 g | | 6,94E+09 sej/g | U | 1,36E+18 sej |
| 4 | Casseformi per travi e pilastri | legno grezzo | 3,28E+02 m ³ | 3,40E+05 g/m ³ | 1,48E+09 sej/g | Q | 1,65E+17 sej |
| | Solai | | | | | | 3,34% |
| 5 | Caldana, travetti e fasce piene | calcestruzzo | 8,10E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 3,52E+17 sej |
| 6 | Pignatte | laterizio | 5,55E+07 g | | 3,90E+09 sej/g | Q | 2,16E+17 sej |
| 7 | Armature | acciaio | 2,77E-01 m ³ | 7,85E+06 g/m ³ | 6,94E+09 sej/g | U | 1,51E+16 sej |
| | Murature e tamponamenti | | | | | | 7,95% |
| 8 | Muratura a cassa vuota con mattoni forati da 12 e da 8 cm di spessore | laterizio | 5,89E+07 g | | 3,90E+09 sej/g | Q | 2,30E+17 sej |
| 9 | | malta cementizia | 1,50E+01 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 1,04E+17 sej |
| 10 | Tramezzature con mattoni forati | laterizio | 1,37E+08 g | | 3,90E+09 sej/g | Q | 5,36E+17 sej |
| 11 | | malta cementizia | 3,81E+01 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 2,65E+17 sej |
| 12 | Tramezzature con mattoni pieni | laterizio | 4,85E+07 g | | 3,90E+09 sej/g | Q | 1,89E+17 sej |
| 13 | | malta cementizia | 9,10E+00 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 6,33E+16 sej |

| Intonaci e pitture | | | | | | | | | | | 3,68% |
|---|--|-------------------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-------|
| 14 | Intonaco per interni | gesso | 1,09E+02 | m ³ | 1,27E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 4,53E+17 | sej |
| 15 | Intonaco per esterni | malta bastarda | 2,14E+01 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,34E+17 | sej |
| 16 | Idropittura per tinteggiatura pareti interne | resina vinilacrilica | 5,43E+03 | m ² | 4,00E+02 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 5,55E+16 | sej |
| Pavimentazioni, soglie e cornici | | | | | | | | | | | 9,49% |
| 17 | Campigiane | laterizio | 3,23E+02 | m ² | 4,50E+04 | g/m ² | 2,72E+09 | sej/g | T | 3,95E+16 | sej |
| 18 | | malta cementizia | 9,00E-01 | m ³ | 2,10E+06 | g/m ³ | 3,31E+09 | sej/g | S | 6,26E+15 | sej |
| 19 | Vespaio | pietrame | 4,93E+02 | m ³ | 1,60E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 1,32E+18 | sej |
| 20 | Massetto di sottofondo | calcestruzzo | 1,64E+02 | m ³ | 8,00E+05 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,38E+17 | sej |
| 21 | Soglie | marmo | 1,86E+00 | m ³ | 2,80E+06 | g/m ³ | 2,44E+09 | sej/g | M | 1,27E+16 | sej |
| 22 | Piastrelle | gres | 4,90E+00 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 2,67E+16 | sej |
| 23 | Pavimentazione | pvc | 2,45E+00 | m ³ | 6,00E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 1,45E+14 | sej |
| 24 | Piastrelle | ceramica maiolicata | 1,32E+00 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 7,20E+15 | sej |
| 25 | Zocchetto battiscopa | legno | 1,40E+05 | g | | | 2,40E+09 | sej/g | S | 3,36E+14 | sej |
| Copertura e coibentazioni | | | | | | | | | | | 6,08% |
| 26 | Guaina prefabbricata | guaina bituminosa | 1,29E+00 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 1,71E+16 | sej |
| 27 | | poliestere | 4,84E+04 | g | | | 8,85E+09 | sej/g | U | 4,28E+14 | sej |
| 28 | Massetto isolante | malta di calce | 9,68E-01 | m ³ | 1,80E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 5,73E+15 | sej |
| 29 | | calcestruzzo con pomice | 4,84E+01 | m ³ | 2,50E+05 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,19E+16 | sej |
| 30 | Travi reticolari | acciaio | 2,67E+07 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,86E+17 | sej |
| 31 | Manti di copertura termoacustici | acciaio | 7,64E-01 | m ³ | 7,85E+06 | g/m ³ | 6,94E+09 | sej/g | U | 4,16E+16 | sej |
| 32 | | poliuretano | 7,64E+01 | m ³ | 1,15E+06 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 7,78E+17 | sej |
| 33 | Pannelli termo-acustici | polistirolo espanso | 6,41E+05 | g | | | 8,85E+09 | sej/g | U | 5,68E+15 | sej |
| 34 | Imbuti per grondaia | piombo | 1,80E+05 | g | | | 3,33E+09 | sej/g | B | 5,99E+14 | sej |
| 35 | Pluviali | pvc | 2,04E-01 | m ³ | 1,38E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 2,77E+12 | sej |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|--------------------|---|----------|-------|--|
| 36 | Pozzetti | cemento | 1,20E+01 | cd | 1,20E+05 | g/cd | 3,31E+09 | sej/g | S | 4,77E+15 | sej | |
| Impianto idrico-sanitario e scarichi | | | | | | | | | | | 0,20% | |
| 37 | Tubazioni | ferro | 2,00E+06 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 4,10E+15 | sej | |
| 38 | Lavabi a colonna n. 16, vasi n. 15, orinatoi n. 7, piatti doccia n. 10, lavabi a canale n. 12 | porcellana | 1,62E+06 | g | | | 3,51E+09 | sej/g | T | 5,67E+15 | sej | |
| 39 | Raccordi sanitari | piombo | 9,60E+05 | g | | | 3,33E+09 | sej/g | B | 3,20E+15 | sej | |
| 40 | Tubazioni | pvc | 7,00E+01 | m | 1,50E+03 | g/m | 9,83E+09 | sej/g | Q | 1,03E+15 | sej | |
| 41 | Pozzetto per base di colonna di scarico | cemento | 1,00E+01 | cd | 2,23E+05 | g/cd | 3,31E+09 | sej/g | S | 7,38E+15 | sej | |
| 42 | tubazioni per allontanamento scarichi | gres | 8,00E+01 | m | 6,00E+04 | g/m | 2,72E+09 | sej/g | T | 1,31E+16 | sej | |
| Infissi | | | | | | | | | | | 0,36% | |
| 43 | Porte interne tamburate | legno | 5,50E+05 | g | | | 2,40E+09 | sej/g | S | 1,32E+15 | sej | |
| 44 | Infissi esterni | alluminio | 1,58E+06 | g | | | 2,13E+10 | sej/g | B | 3,38E+16 | sej | |
| 45 | | vetro | 2,08E+00 | m ³ | 2,50E+06 | g/m ³ | 3,63E+09 | sej/g | Q | 1,88E+16 | sej | |
| 46 | Profilati scatolari per protezione finestre e porte | ferro | 4,33E+06 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | B | 8,87E+15 | sej | |
| Superficie coperta | | | | | | | 1.402 | m ² | | | | |
| Cubatura | | | | | | | 15.284 | m ³ | | | | |
| EMergia totale | | | | | | | 1,74E+19 | sej | | | | |
| EMergia specifica | | | | | | | 1,14E+15 | sej/m ³ | | | | |

° Con la notazione 4,25E+03 si intende 4,25x10³

Tav. C.1.2 - Analisi EMergetica dei materiali impiegati nella palestra del Centro direzionale sportivo di Librino

| | Voci | Quantità | | Transformity | | EMergia | | % |
|----|----------------------|----------|---|--------------|-------|----------|-----|--------|
| 1 | Acciaio | 2,30E+08 | g | 6,94E+09 | sej/g | 1,60E+18 | sej | 9,17% |
| 2 | Alluminio | 1,58E+06 | g | 2,13E+10 | sej/g | 3,38E+16 | sej | 0,19% |
| 3 | Calcestruzzo | 5,84E+09 | g | 1,81E+09 | sej/g | 1,06E+19 | sej | 60,65% |
| 4 | Cemento | 3,67E+06 | g | 3,04E+09 | sej/g | 1,12E+16 | sej | 0,06% |
| 5 | Ceramica | 1,72E+07 | g | 2,72E+09 | sej/g | 4,67E+16 | sej | 0,27% |
| 6 | Ferro | 6,33E+06 | g | 2,05E+09 | sej/g | 1,30E+16 | sej | 0,07% |
| 7 | Gesso | 1,78E+08 | g | 3,29E+09 | sej/g | 5,87E+17 | sej | 3,37% |
| 8 | Gres | 1,46E+07 | g | 2,72E+09 | sej/g | 3,97E+16 | sej | 0,23% |
| 9 | Guaina bituminosa | 1,94E+06 | g | 8,85E+09 | sej/g | 1,71E+16 | sej | 0,10% |
| 10 | Laterizio | 3,00E+08 | g | 3,90E+09 | sej/g | 1,17E+18 | sej | 6,71% |
| 11 | Legno | 6,90E+05 | g | 2,40E+09 | sej/g | 1,66E+15 | sej | 0,01% |
| 12 | Legno grezzo | 1,12E+08 | g | 1,48E+09 | sej/g | 1,65E+17 | sej | 0,95% |
| 13 | Malta cementizia | 1,32E+08 | g | 3,31E+09 | sej/g | 4,38E+17 | sej | 2,51% |
| 14 | Malta di calce | 1,74E+06 | g | 3,29E+09 | sej/g | 5,73E+15 | sej | 0,03% |
| 15 | Marmo | 5,21E+06 | g | 2,44E+09 | sej/g | 1,27E+16 | sej | 0,07% |
| 16 | Pietrame | 7,88E+08 | g | 1,68E+09 | sej/g | 1,32E+18 | sej | 7,59% |
| 17 | Piombo | 1,14E+06 | g | 3,33E+09 | sej/g | 3,80E+15 | sej | 0,02% |
| 18 | Poliestere | 4,84E+04 | g | 8,85E+09 | sej/g | 4,28E+14 | sej | 0,00% |
| 19 | Polistirene | 6,41E+05 | g | 8,85E+09 | sej/g | 5,68E+15 | sej | 0,03% |
| 20 | Poliuretano | 8,78E+07 | g | 8,85E+09 | sej/g | 7,78E+17 | sej | 4,46% |
| 21 | Porcellana | 1,62E+06 | g | 3,51E+09 | sej/g | 5,67E+15 | sej | 0,03% |
| 22 | PVC | 1,20E+05 | g | 9,83E+09 | sej/g | 1,18E+15 | sej | 0,01% |
| 23 | Resina vinilacrilica | 2,17E+06 | g | 2,55E+10 | sej/g | 5,55E+16 | sej | 0,32% |
| 24 | Suolo | 4,27E+12 | J | 1,24E+05 | sej/J | 5,30E+17 | sej | 3,04% |
| 25 | Vetro | 5,19E+06 | g | 3,63E+09 | sej/g | 1,88E+16 | sej | 0,11% |

Tav. C.2.1 - Analisi EMergetica di un tratto di collegamento stradale tra i nuclei di Librino (S. Teodoro)

| Voci | Materiale | Quantità | Densità | Transformity | Rif. Bibl. | EMergia |
|--|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| Movimenti di materie | | | | | | 1,89% |
| 1 | Scavo di sbancamento | suolo | 5,75E+03 m ³ | 1,00E+09 J/m ³ | 1,24E+05 sej/J | S 7,16E+17 sej |
| Sovrastrutture stradali | | | | | | 25,38% |
| 2 | Fondazione stradale in misto granulometrico | ghiaia | 2,40E+03 m ³ | 1,50E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A 6,04E+18 sej |
| 3 | Strato di collegamento e di usura | conglomerato bituminoso | 1,20E+03 m ³ | 1,50E+06 g/m ³ | 7,96E+08 sej/g | R 1,43E+18 sej |
| 4 | Orlatura di marciapiede e relativa fondazione | calcestruzzo | 8,40E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 3,65E+17 sej |
| 5 | Marciapiede in elementi prefabbricati | calcestruzzo | 4,13E+02 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 1,79E+18 sej |
| Smaltimento acque di superficie | | | | | | 8,63% |
| 6 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 1,00E+03 m ³ | 1,00E+09 J/m ³ | 1,24E+05 sej/J | S 1,25E+17 sej |
| 7 | Tubazioni | cemento | 2,10E+08 g | | 3,04E+09 sej/g | S 6,38E+17 sej |
| 8 | Ricoprimento delle tubazioni | calcestruzzo | 5,00E+02 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 2,17E+18 sej |
| 9 | Casseformi | legno grezzo | 2,40E+01 m ³ | 3,40E+05 g/m ³ | 1,48E+09 sej/g | Q 1,21E+16 sej |
| 10 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 2,24E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 9,74E+16 sej |
| 11 | Armature per pozzetti | acciaio | 3,31E+07 g | | 6,94E+09 sej/g | U 2,29E+17 sej |
| Rete acque bianche e nere | | | | | | 17,94% |
| 12 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 6,87E+03 m ³ | 1,00E+09 J/m ³ | 1,24E+05 sej/J | S 8,56E+17 sej |
| 13 | Tubazioni | cemento | 1,52E+08 g | | 3,04E+09 sej/g | S 4,61E+17 sej |
| 14 | Ricoprimento delle tubazioni | calcestruzzo | 6,83E+02 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 2,97E+18 sej |
| 15 | Casseformi | legno grezzo | 1,32E+02 m ³ | 3,40E+05 g/m ³ | 1,48E+09 sej/g | Q 6,63E+16 sej |
| 16 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 4,74E+02 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S 2,06E+18 sej |
| 17 | Armature per pozzetti | acciaio | 3,30E+07 g | | 6,94E+09 sej/g | U 2,29E+17 sej |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|--------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-------|--|
| 18 | Tubazioni | gres | 4,71E+07 | g | | | 2,72E+09 | sej/g | T | 1,28E+17 | sej | |
| 19 | Scalette nei pozzetti | ferro | 7,80E+06 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 1,60E+16 | sej | |
| 20 | Canali per fognature | gres | 1,85E+06 | g | | | 2,72E+09 | sej/g | T | 5,02E+15 | sej | |
| 21 | Rivestimento in piastrelle | gres | 3,67E+00 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 2,00E+16 | sej | |
| Rete idrica e irrigua | | | | | | | | | | | 4,21% | |
| 22 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 1,86E+03 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 2,32E+17 | sej | |
| 23 | Letto di posa | sabbia | 1,85E+02 | m ³ | 1,70E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 5,28E+17 | sej | |
| 24 | Tubazioni e pezzi speciali | ghisa | 6,33E+07 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 3,01E+17 | sej | |
| 25 | Tubo di sfilamento | acciaio | 5,10E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 3,54E+16 | sej | |
| 26 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 1,02E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 4,42E+17 | sej | |
| 27 | Casseformi | legno grezzo | 1,61E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 8,10E+15 | sej | |
| 28 | Armature per pozzetti | acciaio | 6,86E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 4,76E+16 | sej | |
| 29 | Scalette nei pozzetti | ferro | 1,40E+06 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 2,87E+15 | sej | |
| Rete gas metano | | | | | | | | | | | 5,45% | |
| 30 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 6,24E+02 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 7,77E+16 | sej | |
| 31 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 2,08E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 9,02E+16 | sej | |
| 32 | Armature per pozzetti | acciaio | 1,39E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 9,68E+15 | sej | |
| 33 | Casseformi | legno grezzo | 3,12E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,57E+15 | sej | |
| 34 | Protezione di tubi con cunicolo | calcestruzzo | 9,07E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 3,94E+17 | sej | |
| 35 | Letto di posa | sabbia | 3,00E+02 | m ³ | 1,70E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 8,57E+17 | sej | |
| 36 | Tubazioni | acciaio | 1,09E+01 | m ³ | 7,85E+06 | g/m ³ | 6,94E+09 | sej/g | U | 5,95E+17 | sej | |
| 37 | Pezzi speciali | acciaio | 5,00E+05 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 3,47E+15 | sej | |
| 38 | Tubazioni e pezzi speciali | ghisa | 7,94E+06 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 3,77E+16 | sej | |
| Rete media tensione | | | | | | | | | | | 1,89% | |
| 39 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 7,71E+02 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/g | S | 9,60E+16 | sej | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|--------|
| 40 | Cavidotti | pvc | 2,83E-01 | m ³ | 1,38E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 3,84E+12 | sej |
| 41 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 1,27E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/J | S | 5,51E+17 | sej |
| 42 | Armature per pozzetti | acciaio | 8,82E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 6,12E+16 | sej |
| 43 | Casseformi | legno grezzo | 1,73E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 8,69E+15 | sej |
| Rete telefonica | | | | | | | | | | | 3,24% |
| 44 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 2,86E+03 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 3,56E+17 | sej |
| 45 | Camerette | calcestruzzo | 1,67E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 7,25E+17 | sej |
| 46 | Casseformi | legno grezzo | 2,36E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,19E+16 | sej |
| 47 | Armature per pozzetti | acciaio | 1,55E+07 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,08E+17 | sej |
| 48 | Cavidotti | pvc | 3,57E-01 | m ³ | 1,38E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 4,85E+12 | sej |
| 49 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 6,39E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,73E+16 | sej |
| Illuminazione pubblica | | | | | | | | | | | 0,52% |
| 50 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 4,00E+02 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 4,98E+16 | sej |
| 51 | Cavidotti | pvc | 1,88E-01 | m ³ | 1,38E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 2,56E+12 | sej |
| 52 | Blocco fondazione pali | calcestruzzo | 2,33E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,01E+17 | sej |
| 53 | Pali n. 15 | acciaio | 2,01E-01 | m ³ | 7,85E+06 | g/m ³ | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,10E+16 | sej |
| 54 | Conduttori entro pali di illuminazione | rame | 1,38E-04 | m ³ | 8,90E+06 | g/m ³ | 1,14E+11 | sej/g | L | 1,39E+14 | sej |
| 55 | Pozzetti n. 16 | calcestruzzo | 4,99E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,17E+16 | sej |
| 56 | Telai e chiusini per i 16 pozzetti | ghisa | 2,08E+06 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 9,89E+15 | sej |
| 57 | Sottofondo misto granulometrico per i 16 pozzetti | ghiaia | 1,15E+00 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,90E+15 | sej |
| Opere d'arte | | | | | | | | | | | 30,70% |
| Tombini di servizio | | | | | | | | | | | |
| 58 | Scavo a sezione obbligata per tubazioni e pozzetti | suolo | 5,22E+02 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 6,50E+16 | sej |
| 59 | Pozzetti prefabbricati e botole | calcestruzzo | 7,13E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 3,08E+16 | sej |
| 60 | Ricoprimento delle tubazioni | calcestruzzo | 2,49E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,08E+18 | sej |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|----------|--------|----------|-----|
| 61 | Armature per pozzetti | acciaio | 2,81E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,95E+16 | sej |
| 62 | Casseformi | legno grezzo | 1,19E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 5,97E+15 | sej |
| 63 | Tubazioni | cemento | 2,06E+08 | g | | | 3,04E+09 | sej/g | S | 6,27E+17 | sej |
| Muri di sostegno | | | | | | | | | | | |
| 64 | Scavo a sezione obbligata | suolo | 1,25E+03 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 1,56E+17 | sej |
| 65 | Opera muraria | calcestruzzo | 1,23E+03 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 5,33E+18 | sej |
| 66 | Armature | acciaio | 8,60E+07 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 5,97E+17 | sej |
| 67 | Casseformi | legno grezzo | 9,69E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 4,87E+16 | sej |
| 68 | Drenaggi a tergo di manufatti | ghiaia | 4,26E+02 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 1,07E+18 | sej |
| 69 | Tubazioni per drenaggi | cemento | 1,36E+07 | g | | | 3,04E+09 | sej/g | S | 4,14E+16 | sej |
| Passerella pedonale | | | | | | | | | | | |
| 70 | Scavo a sezione obbligata | suolo | 1,19E+03 | m ³ | 1,00E+09 | J/m ³ | 1,24E+05 | sej/J | S | 1,48E+17 | sej |
| 71 | Passerella | calcestruzzo | 5,03E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,19E+18 | sej |
| 72 | Armature | acciaio | 3,69E+07 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 2,56E+17 | sej |
| 73 | Casseformi | legno grezzo | 9,08E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 4,56E+16 | sej |
| 74 | Giunti di dilatazione | neoprene | 1,56E-01 | m ³ | 1,40E+06 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 1,58E+15 | sej |
| Principali risultati | | | | | | | | | | | |
| Larghezza sezione stradale | | | | | | | | 21 | m | | |
| Lunghezza tratto stradale | | | | | | | | 547 | m | | |
| EMergia totale | | | | | | | | 3,80E+19 | sej | | |
| EMergia specifica | | | | | | | | 6,94E+16 | sej/ml | | |

Tav. C.2.2 - Analisi EMergetica dei materiali impiegati in un tratto di collegamento stradale tra i nuclei di Librino (S. Teodoro)

| | Voci | Quantità | | Transformity | | EMergia | | % |
|----|--------------------------------|-----------------|---|---------------------|-------|----------------|-----|----------|
| 1 | Acciaio | 3,17E+08 | g | 6,94E+09 | sej/g | 2,20E+18 | sej | 5,81% |
| 2 | Calcestruzzo | 1,13E+10 | g | 1,81E+09 | sej/g | 2,04E+19 | sej | 53,82% |
| 3 | Cemento | 5,82E+08 | g | 3,04E+09 | sej/g | 1,77E+18 | sej | 4,66% |
| 4 | Conglomerato bituminoso | 1,80E+09 | g | 7,96E+08 | sej/g | 1,43E+18 | sej | 3,77% |
| 5 | Ferro | 9,20E+06 | g | 2,05E+09 | sej/g | 1,89E+16 | sej | 0,05% |
| 6 | Ghiaia | 4,24E+09 | g | 1,68E+09 | sej/g | 7,12E+18 | sej | 18,77% |
| 7 | Ghisa | 7,33E+07 | g | 4,75E+09 | sej/g | 3,48E+17 | sej | 0,92% |
| 8 | Gres | 5,63E+07 | g | 2,72E+09 | sej/g | 1,53E+17 | sej | 0,40% |
| 9 | Legno grezzo | 1,41E+08 | g | 1,48E+09 | sej/g | 2,09E+17 | sej | 0,55% |
| 10 | Neoprene | 2,18E+05 | g | 8,85E+09 | sej/g | 1,93E+15 | sej | 0,01% |
| 11 | PVC | 1,14E+03 | g | 9,83E+09 | sej/g | 1,12E+13 | sej | 0,00% |
| 12 | Rame | 1,22E+03 | g | 1,14E+11 | sej/g | 1,39E+14 | sej | 0,00% |
| 13 | Sabbia | 8,25E+08 | g | 1,68E+09 | sej/g | 1,39E+18 | sej | 3,65% |
| 14 | Suolo | 2,32E+13 | J | 1,24E+05 | sej/J | 2,88E+18 | sej | 7,59% |

Tav. C.3.1 - Analisi EMergetica dell'area a verde di via Delle Ondine (S. Cristoforo Sud)

| Voci | Materiali | Quantità | Densità | Transformity | Rif. Bibl. | EMergia |
|-----------------------|---|-------------------------|---------------------------|----------------|------------|--------------|
| Pavimentazioni | | | | | | 62,06% |
| 1 | Misto granulometrico per sottopavimentazioni, ingressi all'area a verde, scale di accesso, panche in c. a., rampa disabili, ... ghiaia | 5,23E+02 m ³ | 1,50E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A | 1,32E+18 sej |
| 2 | Magroni per opere murarie nelle vie, negli ingressi all'area a verde, nelle scale di accesso, panche in c.a., rampa disabili, ... calcestruzzo | 2,53E+02 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,10E+18 sej |
| 3 | Rete elettrosaldata nelle vie, negli ingressi all'area a verde, nelle scale di accesso, panche in c. a., rampa disabili, ... acciaio | 1,98E+04 g | | 6,94E+09 sej/g | U | 1,39E+14 sej |
| 4 | Pavimentazione con basole in via delle Ondine pietra lavica | 1,12E+02 m ³ | 2,71E+06 g/m ³ | 7,56E+09 sej/g | B | 2,29E+18 sej |
| 5 | Pavimentazione con basole negli ingressi dell'area a verde pietra lavica | 5,28E+00 m ³ | 2,71E+06 g/m ³ | 7,56E+09 sej/g | B | 1,08E+17 sej |
| 6 | Monostrato marciapiede in via Playa impasto lavico | 3,36E+00 m ³ | 2,71E+06 g/m ³ | 7,56E+09 sej/g | B | 6,88E+16 sej |
| 7 | Pavimentazione autobloccante nell'area giochi e nella rampa disabili calcestruzzo | 8,88E+00 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 3,86E+16 sej |
| 8 | sabbia | 8,88E+00 m ³ | 1,70E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A | 2,54E+16 sej |
| 9 | Pavimentazione autobloccante nell'area a verde calcestruzzo | 4,48E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,95E+17 sej |
| 10 | sabbia | 3,36E+01 m ³ | 1,70E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A | 9,60E+16 sej |
| Orlature | | | | | | 5,53% |
| 11 | Orlatura nelle aiuole calcestruzzo | 3,76E+00 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,63E+16 sej |
| 12 | Fondazione dell'orlatura calcestruzzo | 1,76E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 7,66E+16 sej |
| 13 | Casseformi legno grezzo | 4,94E+00 m ³ | 3,40E+05 g/m ³ | 1,48E+09 sej/g | Q | 2,48E+15 sej |
| 14 | Orlatura nel marciapiede di via Playa pietra calcarea | 6,15E+00 m ³ | 2,50E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A | 2,58E+16 sej |
| 15 | Fondazione dell'orlatura calcestruzzo | 3,14E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,36E+17 sej |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|--------|
| 16 | Casseformi | legno grezzo | 4,94E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 2,48E+15 | sej |
| 17 | Orlatura nelle scale di accesso all'area a verde | pietra calcarea | 6,00E+00 | m ³ | 2,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,52E+16 | sej |
| 18 | Fondazione dell'orlatura | calcestruzzo | 1,76E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 7,66E+16 | sej |
| 19 | Casseformi | legno grezzo | 3,53E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,78E+15 | sej |
| 20 | Ciottoli di fiume nell'area a verde | pietrame | 9,02E+00 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,27E+16 | sej |
| 21 | Lastre per copertine di panche e muri | pietra lavica | 3,54E+00 | m ³ | 2,71E+06 | g/m ³ | 7,56E+09 | sej/g | B | 7,26E+16 | sej |
| 22 | | malta bastarda | 2,66E+06 | g | | | 3,29E+09 | sej/g | V | 8,75E+15 | sej |
| Muri di contenimento in c. a. | | | | | | | | | | | 23,93% |
| 23 | Magroni | calcestruzzo | 1,09E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 4,71E+17 | sej |
| 24 | Fondazioni | calcestruzzo | 2,09E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 9,10E+17 | sej |
| 25 | Elevazioni | calcestruzzo | 1,17E+02 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 5,08E+17 | sej |
| 26 | Armature | acciaio | 1,70E+07 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,18E+17 | sej |
| 27 | Casseformi | legno grezzo | 2,89E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,45E+16 | sej |
| Arredo urbano | | | | | | | | | | | 2,49% |
| 28 | Piano di seduta per panchine n. 36 | pietra calcarea | 5,05E+00 | m ³ | 2,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,12E+16 | sej |
| 29 | Sostegni per le panchine | pietra lavica | 3,27E+00 | m ³ | 2,71E+06 | g/m ³ | 7,56E+09 | sej/g | B | 6,69E+16 | sej |
| 30 | Paletti dissuasori n. 8 | ghisa | 1,21E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 5,73E+14 | sej |
| 31 | Griglie per alberi n. 18 | ghisa | 2,14E+06 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 1,02E+16 | sej |
| 32 | Ringhiera muri in c. a. | ferro | 1,64E+02 | ml | 2,00E+04 | g/ml | 2,05E+09 | sej/g | U | 6,74E+15 | sej |
| 33 | Verniciatura della ringhiera con 1 mano antiruggine | minio di piombo | 1,15E+02 | m ² | 1,73E+04 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 5,08E+16 | sej |
| 34 | Verniciatura della ringhiera con 2 mani | smalto o olio | 1,15E+02 | m ² | 1,73E+04 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 5,08E+16 | sej |
| 35 | Essenze arboree: "pinus pinea" (pino domestico) n. 37 con circonferenza del tronco cm 26/30 | specie vegetali | 8,51E-01 | m ³ | 8,50E+05 | g/m ³ | 4,74E+09 | sej/g | H | 3,43E+15 | sej |
| Impianto elettrico | | | | | | | | | | | 3,19% |
| 36 | Cavidotto per linea elettrica | polietilene | 8,71E-01 | m ³ | 9,50E+05 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 7,32E+15 | sej |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|--------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-------|
| 37 | | sabbia | 3,93E+01 | m ³ | 1,70E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 1,12E+17 | sej |
| 38 | Pozzetti n. 28 | calcestruzzo | 3,44E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,50E+16 | sej |
| 39 | Sottofondo misto granulometrico per i pozzetti | ghiaia | 8,96E-01 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,26E+15 | sej |
| 40 | Armatura per i pozzetti | acciaio | 2,41E+05 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,67E+15 | sej |
| 41 | Casseformi | legno grezzo | 1,36E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 6,84E+14 | sej |
| 42 | Telai e chiusini | ghisa | 1,40E+06 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 6,65E+15 | sej |
| 43 | Conduttori per linea elettrica | rame | 6,72E-03 | m ³ | 8,90E+06 | g/m ³ | 1,14E+11 | sej/g | L | 6,80E+15 | sej |
| 44 | Conduttori per allacci ai pali di illuminazione | rame | 2,11E-03 | m ³ | 8,90E+06 | g/m ³ | 1,14E+11 | sej/g | L | 2,14E+15 | sej |
| 45 | Dispersore di terra in corda | rame | 9,80E-03 | m ³ | 8,90E+06 | g/m ³ | 1,14E+11 | sej/g | L | 9,92E+15 | sej |
| 46 | Pali di illuminazione n. 22 | alluminio | 4,40E+05 | g | | | 2,13E+10 | sej/g | Q | 9,39E+15 | sej |
| 47 | Fondazione per i pali di illuminazione | calcestruzzo | 2,20E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 9,56E+16 | sej |
| Impianto fognario | | | | | | | | | | | 2,07% |
| 48 | Tubazioni | pvc | 2,76E-01 | m ³ | 1,38E+03 | g/m ³ | 9,83E+09 | sej/g | Q | 3,75E+12 | sej |
| 49 | | sabbia | 4,55E+01 | m ³ | 1,70E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 1,30E+17 | sej |
| 50 | Pozzetti n. 11 (dimensioni esterne: 76x76x100 cm) | calcestruzzo | 3,60E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,57E+16 | sej |
| 51 | Armature per i pozzetti | acciaio | 2,52E+05 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 1,75E+15 | sej |
| 52 | Casseformi | legno grezzo | 1,53E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 7,71E+14 | sej |
| 53 | Pozzetto n. 1 (dimensioni esterne: 130x130x110 cm) | calcestruzzo | 1,20E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 5,20E+15 | sej |
| 54 | Armature nel pozzetto | acciaio | 8,38E+04 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 5,82E+14 | sej |
| 55 | Casseformi | legno grezzo | 3,22E-01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,62E+14 | sej |
| 56 | Telai e chiusini | ghisa | 6,00E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 2,85E+15 | sej |
| 57 | Caditoie stradali n. 15 | calcestruzzo | 5,25E+06 | g | | | 1,81E+09 | sej/g | S | 9,50E+15 | sej |
| 58 | Massetto | calcestruzzo | 1,16E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 5,02E+15 | sej |
| 59 | Telai e chiusini | ghisa | 7,50E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 3,56E+15 | sej |

| Impianto idrico | | | | | | | | | | | | 0,72% |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-----|-------|
| 60 | Tubazioni per acqua potabile | polietilene | 1,51E-02 | m ³ | 9,50E+05 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 1,27E+14 | sej | |
| 61 | | sabbia | 1,87E+01 | m ³ | 1,70E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 5,33E+16 | sej | |
| 62 | Pozzetti n. 4 per rete idrica | calcestruzzo | 6,55E-01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,85E+15 | sej | |
| 63 | Armature per i pozzetti | acciaio | 4,59E+04 | m ³ | | | 6,94E+09 | sej/g | U | 3,18E+14 | sej | |
| 64 | Casseformi | legno grezzo | 3,32E-01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 1,67E+14 | sej | |
| 65 | Telai e chiusini | ghisa | 2,00E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 9,50E+14 | sej | |
| 66 | Pozzetti n. 3 per rete idrica | calcestruzzo | 4,91E-01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 2,13E+15 | sej | |
| 67 | Sottofondo misto granulometrico | ghiaia | 9,60E-02 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,42E+14 | sej | |
| 68 | Casseformi | legno grezzo | 9,09E-02 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 4,57E+13 | sej | |
| 69 | Telai e chiusini | ghisa | 1,50E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | U | 7,13E+14 | sej | |
| Principali risultati | | | | | | | | | | | | |
| Superficie | | | 1.534 | m ² | | | | | | | | |
| EMergia totale | | | 8,45E+18 | sej | | | | | | | | |
| EMergia specifica | | | 5,51E+15 | sej/m ² | | | | | | | | |

Tav. C.3.2 - Analisi EMergetica dei materiali impiegati nell'area a verde di via Delle Ondine (S. Cristoforo Sud)

| Materiali | Quantità | | Transformity | | EMergia | | % |
|---------------------------|-----------------|---|---------------------|-------|----------------|-----|----------|
| 1 Acciaio | 1,77E+07 | g | 6,94E+09 | sej/g | 1,23E+17 | sej | 1,45% |
| 2 Alluminio | 4,40E+05 | g | 2,13E+10 | sej/g | 9,39E+15 | sej | 0,11% |
| 3 Calcestruzzo | 2,03E+09 | g | 1,81E+09 | sej/g | 3,68E+18 | sej | 43,54% |
| 4 Ferro | 3,29E+06 | g | 2,05E+09 | sej/g | 6,74E+15 | sej | 0,08% |
| 5 Ghiaia | 7,86E+08 | g | 1,68E+09 | sej/g | 1,32E+18 | sej | 15,63% |
| 6 Ghisa | 5,36E+06 | g | 4,75E+09 | sej/g | 2,55E+16 | sej | 0,30% |
| 7 Impasto lavico | 9,11E+06 | g | 7,56E+09 | sej/g | 6,88E+16 | sej | 0,81% |
| 8 Legno grezzo | 1,56E+07 | g | 1,48E+09 | sej/g | 2,31E+16 | sej | 0,27% |
| 9 Malta bastarda | 2,66E+06 | g | 3,29E+09 | sej/g | 8,75E+15 | sej | 0,10% |
| 10 Minio di piombo | 1,99E+06 | g | 2,55E+10 | sej/g | 5,08E+16 | sej | 0,60% |
| 11 Pietra calcarea | 4,30E+07 | g | 1,68E+09 | sej/g | 7,23E+16 | sej | 0,86% |
| 12 Pietra lavica | 3,36E+08 | g | 7,56E+09 | sej/g | 2,54E+18 | sej | 30,09% |
| 13 Pietrame | 1,35E+07 | g | 1,68E+09 | sej/g | 2,27E+16 | sej | 0,27% |
| 14 Polietilene | 8,42E+05 | g | 8,85E+09 | sej/g | 7,45E+15 | sej | 0,09% |
| 15 Pvc | 3,82E+02 | g | 9,83E+09 | sej/g | 3,75E+12 | sej | 0,00% |
| 16 Rame | 1,66E+05 | g | 1,14E+11 | sej/g | 1,89E+16 | sej | 0,22% |
| 17 Sabbia | 2,48E+08 | g | 1,68E+09 | sej/g | 4,17E+17 | sej | 4,93% |
| 18 Smalto o olio | 1,99E+06 | g | 2,55E+10 | sej/g | 5,08E+16 | sej | 0,60% |
| 19 Specie vegetali | 7,23E+05 | g | 4,74E+09 | sej/g | 3,43E+15 | sej | 0,04% |

Tav. C.4.1 - Analisi EMergetica della rifunzionalizzazione dell'ex cinema Midulla a centro sociale e ricreativo (S. Cristoforo Sud)

| | Voci | Materiali | Quantità | Densità | Transformity | Rif. Bibl. | EMergia |
|----|---|------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|------------|--------------|
| | Opere murarie | | | | | | 58,52% |
| 1 | Muratura di blocchetti per la delimitazione del corpo scala e delle stanze al piano primo | cemento pomice | 6,80E+01 m ² | 1,88E+05 g/m ² | 3,04E+09 sej/g | S | 3,88E+16 sej |
| 2 | | malta bastarda | 6,80E-01 m ³ | 1,90E+06 g/m ³ | 3,29E+09 sej/g | V | 4,25E+15 sej |
| 3 | Tramezzi con mattoni forati nella divisione dei servizi, sottoscala, chiusura parete trasversale al piano terra | laterizio | 7,02E+02 m ² | 4,64E+04 g/m ² | 3,90E+09 sej/g | Q | 1,27E+17 sej |
| | | malta cementizia | 2,81E+01 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 1,95E+17 sej |
| 4 | Tramezzi con mattoni forati per le divisioni interne, il salone, le delimitazioni dei vani al piano terra | laterizio | 2,08E+02 m ² | 6,72E+04 g/m ² | 3,90E+09 sej/g | Q | 5,45E+16 sej |
| 5 | | malta cementizia | 8,32E+00 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 5,78E+16 sej |
| 6 | Vespaio per sollevamento platea | pietrame | 1,16E+02 m ³ | 1,60E+06 g/m ³ | 1,68E+09 sej/g | A | 3,12E+17 sej |
| 7 | Rete elettrosaldata per consolidamento di pareti | acciaio | 8,16E+02 m ² | 3,11E+03 g/m ² | 6,94E+09 sej/g | Q | 1,76E+16 sej |
| 8 | Strato di legante per consolidamento di pareti | malta cementizia | 2,45E+01 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 1,70E+17 sej |
| 9 | Muratura di mattoni pieni eseguita a cucì e scuci per piccoli tratti | laterizio | 4,80E+00 m ³ | 9,60E+05 g/m ³ | 3,90E+09 sej/g | Q | 1,80E+16 sej |
| 10 | Sigillatura di piccole lesioni di larghezza fino a 2 cm | malta cementizia | 5,00E+00 m ³ | 2,10E+06 g/m ³ | 3,31E+09 sej/g | S | 3,48E+16 sej |
| 11 | Sarcitura di lesioni di larghezza da 2 cm a 7 cm | calcestruzzo | 4,80E+00 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 2,09E+16 sej |
| 12 | Cordoli nel corpo basso | calcestruzzo | 9,00E+00 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 3,91E+16 sej |
| 13 | Armatura nei cordoli | acciaio | 1,81E-02 m ³ | 7,85E+06 g/m ³ | 6,94E+09 sej/g | U | 9,86E+14 sej |
| 14 | Sottofondazione cordolo di cerchiatura, locali indipendenti, travi zona servizi | calcestruzzo | 3,00E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,30E+17 sej |
| 15 | Massetto piano terra | calcestruzzo | 5,00E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 2,17E+17 sej |
| 16 | Fondazioni marciapiede | calcestruzzo | 3,00E+00 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 1,30E+16 sej |
| 17 | Cordolo di cerchiatura, fondazione travi, platea vano scala | calcestruzzo | 8,50E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 3,69E+17 sej |
| 18 | Cordolo di coronamento sala, uffici e servizi, setto scala, pilastri impalcato | calcestruzzo | 7,90E+01 m ³ | 2,40E+06 g/m ³ | 1,81E+09 sej/g | S | 3,43E+17 sej |
| 19 | Acciaio per cordoli e travi | acciaio | 2,07E+06 g | | 6,94E+09 sej/g | Q | 1,43E+16 sej |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-----|
| 20 | Casseformi | legno grezzo | 1,60E+01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 8,05E+15 | sej |
| 21 | Rete elettrosaldata per armatura massetto piano terra | acciaio | 1,49E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | Q | 1,03E+16 | sej |
| Solai | | | | | | | | | | | |
| 22 | Caldana, travetti, fascia piena | calcestruzzo | 3,45E+01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,50E+17 | sej |
| 23 | Pignatte | laterizio | 2,52E+07 | g | | | 3,90E+09 | sej/g | Q | 9,83E+16 | sej |
| 24 | Armature | acciaio | 8,11E-02 | m ³ | 7,85E+06 | g/m ³ | 6,94E+09 | sej/g | Q | 4,42E+15 | sej |
| Finiture | | | | | | | | | | | |
| 25 | Intonaco nelle superfici interne | silicati di potassio | 1,85E+03 | m ² | 2,50E+03 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 1,18E+17 | sej |
| 26 | Promotore di silicatizzazione | silicati di potassio | 1,85E+03 | m ² | 2,00E+02 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 9,43E+15 | sej |
| <i>Soglie e rivestimento gradini</i> | | | | | | | | | | | |
| 27 | Lastre nella soglia ingresso e nelle finestre al primo piano | pietra lavica | 3,00E-01 | m ³ | 2,71E+06 | g/m ³ | 7,56E+09 | sej/g | B | 6,15E+15 | sej |
| 28 | | malta bastarda | 1,00E-01 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 6,26E+14 | sej |
| 29 | Lastre per alzate scala e zoccolo | marmo botticino | 1,68E-01 | m ³ | 2,80E+06 | g/m ³ | 2,44E+09 | sej/g | M | 1,15E+15 | sej |
| 30 | Lastre per pedate scala e pianerottolo | marmo botticino | 4,62E-01 | m ³ | 2,80E+06 | g/m ³ | 2,44E+09 | sej/g | M | 3,15E+15 | sej |
| 31 | Posa in opera delle lastre nella scala | malta bastarda | 2,38E-01 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,49E+15 | sej |
| <i>Fornitura e posa in opera nel salone di pavimentazione in pvc posta in opera previo isolamento del massetto di posa con impiego di foglio di polietilene e rasatura del sottofondo con impiego di collanti acrilici</i> | | | | | | | | | | | |
| 32 | Pavimento | pvc | 1,22E+02 | m ² | 1,12E+04 | g/m ² | 9,83E+09 | sej/g | Q | 1,34E+16 | sej |
| 33 | Foglio | polietilene | 1,22E+00 | m ³ | 9,50E+05 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 1,03E+16 | sej |
| 34 | Rasatura del sottofondo | collante acrilico | 1,22E+02 | m ² | 1,12E+04 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 3,49E+16 | sej |
| 35 | Zoccolo battiscopa | gomma | 4,50E+01 | m | 4,00E+02 | g/m | 7,22E+09 | sej/g | P | 1,30E+14 | sej |
| 36 | Pittura a due mani nelle superfici interne | resina vinilacrilica | 2,29E+02 | m ² | 4,00E+02 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 2,34E+15 | sej |
| 38 | 1 mano antiruggine nei cancelli esterni | minio di piombo | 5,40E+01 | m ² | 8,10E+03 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 1,12E+16 | sej |
| 39 | 2 mani smalto o olio nei cancelli esterni | smalto o olio | 5,50E+01 | m ² | 8,25E+03 | g/m ² | 2,55E+10 | sej/g | U | 1,16E+16 | sej |
| 40 | Pietra da taglio per rivestimento prospetto | calcare | 4,70E+00 | m ³ | 2,60E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,05E+16 | sej |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|--------|
| 41 | Pietra da taglio per stipiti aperture, architravi, fasce orizzontali e verticali | calcare | 4,80E+00 | m ³ | 2,60E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | A | 2,10E+16 | sej |
| 42 | Piastrille nelle pareti dei servizi | ceramica | 2,55E+00 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 1,39E+16 | sej |
| 43 | | malta bastarda | 2,55E+00 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,60E+16 | sej |
| 44 | Piastrille ad impasto bruno al piano terra | ceramica | 2,94E+00 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 1,60E+16 | sej |
| 45 | | malta cementizia | 2,94E+00 | m ³ | 2,10E+06 | g/m ³ | 3,31E+09 | sej/g | S | 2,04E+16 | sej |
| 46 | Battiscopa al piano terra | ceramica | 1,73E-01 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 9,41E+14 | sej |
| 47 | | malta cementizia | 1,73E-01 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,31E+09 | sej/g | S | 1,09E+15 | sej |
| 48 | Pavimento di piastrelle nei servizi | ceramica | 9,00E-01 | m ³ | 2,00E+06 | g/m ³ | 2,72E+09 | sej/g | T | 4,90E+15 | sej |
| 49 | Strato di intonaco per esterni ed interni | intonaco | 6,48E+00 | m ³ | 1,27E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 2,70E+16 | sej |
| 50 | Strato di finitura per esterni intonaco | intonaco | 6,48E-01 | m ³ | 1,27E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 2,70E+15 | sej |
| 51 | Inferriate, ringhiere | ferro | 1,30E+06 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 2,67E+15 | sej |
| 52 | Pittura protezione antincendio di strutture lignee | resina vinilacrilica | 7,42E+05 | g | | | 2,55E+10 | sej/g | U | 1,89E+16 | sej |
| 53 | Intonaco civile per interni | intonaco | 4,15E+01 | m ³ | 1,27E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,73E+17 | sej |
| 54 | Intonaco civile per interni senza tonachina | intonaco | 2,74E+00 | m ³ | 1,27E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,14E+16 | sej |
| Sistema di copertura | | | | | | | | | | | 17,85% |
| Impermeabilizzazione terrazzo e grondaie nel corpo basso | | | | | | | | | | | |
| 55 | Guaina prefabbricata | Guaina bituminosa | 7,88E-01 | m ³ | 1,50E+06 | g/m ³ | 8,85E+09 | sej/g | U | 1,05E+16 | sej |
| 56 | Armatura nella guaina | poliestere | 1,97E+02 | m ² | 1,50E-01 | g/m ² | 8,85E+09 | sej/g | U | 2,62E+11 | sej |
| 57 | Preparazione del piano di posa nel terrazzo e grondaie del corpo basso | malta di calce | 2,72E+00 | m ³ | 1,80E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 1,61E+16 | sej |
| 58 | Impermeabilizzazione nel risvolto grondaie del corpo basso | Guaina bituminosa | 7,40E+01 | m ² | 4,50E+03 | g/m ² | 3,09E+09 | sej/g | U | 2,95E+15 | sej |
| 59 | Isolamento termo-acustico orizzontale sul terrazzo del corpo basso | lana di roccia | 2,48E+00 | m ³ | 1,20E+05 | g/m ³ | 3,09E+09 | sej/g | V | 9,20E+14 | sej |
| 60 | Controsoffitti piani in rete metallica nelle stanze del corpo basso | acciaio | 7,00E+01 | m ² | 1,20E+03 | g/m ² | 6,94E+09 | sej/g | Q | 5,83E+14 | sej |
| 61 | Manto di copertura con tegole | laterizio | 5,36E+02 | m ² | 4,20E+04 | g/m ² | 3,90E+09 | sej/g | U | 8,77E+16 | sej |
| 62 | | malta bastarda | 1,07E+01 | m ³ | 1,90E+06 | g/m ³ | 3,29E+09 | sej/g | V | 6,71E+16 | sej |
| 63 | Travi rustiche o squadrate negli uffici | legno | 2,80E+00 | m ³ | 6,00E+05 | g/m ³ | 2,40E+09 | sej/g | S | 4,03E+15 | sej |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------|----------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-----|
| 64 | Travi per grossa armatura di tetti (terzere) | legno | 2,31E+01 | m ³ | 6,00E+05 | g/m ³ | 2,40E+09 | sej/g | S | 3,33E+16 | sej |
| 65 | Capriate (catena, puntone, saetta, monaco) | legno | 4,60E+01 | m ³ | 6,00E+05 | g/m ³ | 2,40E+09 | sej/g | S | 6,62E+16 | sej |
| 66 | Arcarecci, listelli e correntini | legno | 7,00E+00 | m ³ | 6,00E+05 | g/m ³ | 2,40E+09 | sej/g | S | 1,01E+16 | sej |
| 67 | Tavolame per appoggio del manto di tegole | legno | 9,80E+00 | m ³ | 6,00E+05 | g/m ³ | 2,40E+09 | sej/g | S | 1,41E+16 | sej |
| Copertura realizzata in pannelli isolanti composti da due lamiere microgrecate con interposto uno strato di schiuma isolante | | | | | | | | | | | |
| 68 | Lamiera microgrecata | acciaio | 6,43E+00 | m ³ | 7,85E+06 | g/m ³ | 6,94E+09 | sej/g | Q | 3,50E+17 | sej |
| 69 | Schiuma isolante | poliuretano | 6,43E+05 | g | | | 8,85E+09 | sej/g | U | 5,69E+15 | sej |
| 70 | Tubi per pluviali | pvc | 3,00E+01 | m | 1,50E+03 | g/m | 9,83E+09 | sej/g | Q | 4,42E+14 | sej |
| Infissi | | | | | | | | | | 0,62% | |
| 71 | Finestre n. 5 sul tetto | alluminio | 2,93E+04 | g | | | 2,13E+10 | sej/g | Q | 6,24E+14 | sej |
| 72 | | vetro | 1,93E+00 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 3,63E+09 | sej/g | Q | 1,68E+16 | sej |
| 73 | Serramenti esterni | legno | 3,60E+05 | g | | | 2,40E+09 | sej/g | S | 8,64E+14 | sej |
| 74 | Vetri | vetro | 2,24E-01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 3,63E+09 | sej/g | Q | 1,95E+15 | sej |
| 75 | Porta interna tamburata | legno | 6,38E+05 | g | | | 2,40E+09 | sej/g | S | 1,53E+15 | sej |
| 76 | Portone esterno a due ante | legno | 6,79E+05 | g | | | 2,40E+09 | sej/g | S | 1,63E+15 | sej |
| Impianto sanitario | | | | | | | | | | 0,30% | |
| 77 | Pozzetti per base di colonna di scarico del tipo prefabbricato in cemento vibrato nei pluviali n. 10 e negli scarichi n. 3 | calcestruzzo | 1,30E+01 | cd | 2,23E+05 | g/cd | 1,81E+09 | sej/g | S | 5,25E+15 | sej |
| 78 | Magroni per i pozzetti | calcestruzzo | 7,02E-01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 3,05E+15 | sej |
| 79 | Casseformi per i pozzetti | legno grezzo | 1,28E+00 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 6,45E+14 | sej |
| 80 | Tubi Mannesmann per impianto idrico | ferro | 3,00E+05 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 6,15E+14 | sej |
| 81 | Lavabi a colonna n. 11 , piatto doccia n. 1 e vasi igienici n. 7 | porcellana | 4,76E+05 | g | | | 3,51E+09 | sej/g | T | 1,67E+15 | sej |
| Impianto di climatizzazione | | | | | | | | | | 1,29% | |
| 82 | Tubazione | acciaio | 6,00E+05 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | Q | 4,16E+15 | sej |
| 83 | Coppelle per coibentazione | elastomero espanso | 8,17E+00 | g | | | 8,85E+09 | sej/g | U | 7,23E+10 | sej |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|-------|---|----------|-----|
| 84 | Lamierino da installare sulle tubazioni | alluminio | 1,80E-01 | m ³ | 2,60E+06 | g/m ³ | 2,13E+10 | sej/g | Q | 9,99E+15 | sej |
| 85 | Lamiera per canalizzazione | acciaio | 4,92E+06 | g | | | 6,94E+09 | sej/g | Q | 3,41E+16 | sej |
| Impianto elettrico | | | | | | | | | | | |
| 86 | Verniciatura di griglie ripresa aria e canali CDZ a vista con 1 mano antiruggine | minio di piombo | 1,83E+04 | g | | | 2,55E+10 | sej/g | U | 4,67E+14 | sej |
| 87 | Verniciatura di griglie ripresa aria e canali CDZ a vista con 2 mani | smalto o olio | 1,83E+04 | g | | | 2,55E+10 | sej/g | U | 4,67E+14 | sej |
| 88 | Tubi per colonne di scarico | pvc | 4,50E+01 | m | 1,50E+03 | g/m | 9,83E+09 | sej/g | Q | 6,64E+14 | sej |
| 89 | Tubi Mannesmann per impianto idrico | ferro | 2,05E+05 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 4,20E+14 | sej |
| 90 | Pozzetto per base di colonna di scarico compresi i magroni | calcestruzzo | 4,08E-01 | m ³ | 2,40E+06 | g/m ³ | 1,81E+09 | sej/g | S | 1,77E+15 | sej |
| 91 | Casseformi per i pozzetti | legno grezzo | 1,37E-01 | m ³ | 3,40E+05 | g/m ³ | 1,48E+09 | sej/g | Q | 6,88E+13 | sej |
| 92 | Fondazione stradale in misto granulometrico | ghiaia | 1,28E-01 | m ³ | 1,30E+06 | g/m ³ | 1,68E+09 | sej/g | B | 2,80E+14 | sej |
| 93 | Telai e chiusini | ghisa | 1,60E+05 | g | | | 4,75E+09 | sej/g | R | 7,60E+14 | sej |
| 94 | Griglia ripresa aria | ferro | 3,60E+04 | g | | | 2,05E+09 | sej/g | U | 7,38E+13 | sej |
| 95 | Conduttore di terra | rame | 7,23E-03 | m ³ | 8,90E+06 | g/m ³ | 1,14E+11 | sej/g | L | 7,31E+15 | sej |
| Principali risultati | | | | | | | | | | | |
| | Cubatura | | 4,91E+03 | m ³ | | | | | | | |
| | EMergia totale | | 3,79E+18 | sej | | | | | | | |
| | EMergia specifica | | 7,71E+14 | sej/m ³ | | | | | | | |

0,33%

Tav. C.4.2 - Analisi eMergetica dei materiali impiegati nella rifunzionalizzazione dell'ex cinema Midulla a centro sociale e ricreativo (S. Cristoforo Sud)

| | Voci | Quantità | | Transformity | | EMergia | | % |
|----|--------------------|----------|---|--------------|-------|----------|-----|--------|
| 1 | Acciaio | 6,30E+07 | g | 6,94E+09 | sej/g | 4,37E+17 | sej | 11,53% |
| 2 | Alluminio | 4,97E+05 | g | 2,13E+10 | sej/g | 1,06E+16 | sej | 0,28% |
| 3 | Calcestruzzo | 7,14E+08 | g | 1,81E+09 | sej/g | 1,29E+18 | sej | 34,13% |
| 4 | Cemento | 1,28E+07 | g | 3,04E+09 | sej/g | 3,88E+16 | sej | 1,02% |
| 5 | Ceramica | 1,31E+07 | g | 2,72E+09 | sej/g | 3,57E+16 | sej | 0,94% |
| 6 | Elastomero espanso | 8,17E+00 | g | 8,85E+09 | sej/g | 7,23E+10 | sej | 0,00% |
| 7 | Ferro | 1,85E+06 | g | 2,05E+09 | sej/g | 3,78E+15 | sej | 0,10% |
| 8 | Ghiaia | 1,66E+05 | g | 1,68E+09 | sej/g | 2,80E+14 | sej | 0,01% |
| 9 | Ghisa | 1,60E+05 | g | 4,75E+09 | sej/g | 7,60E+14 | sej | 0,02% |
| 10 | Gomma | 1,80E+04 | g | 7,22E+09 | sej/g | 1,30E+14 | sej | 0,00% |
| 11 | Guaina bituminosa | 1,52E+06 | g | 8,85E+09 | sej/g | 1,34E+16 | sej | 0,35% |
| 12 | Intonaco | 6,50E+07 | g | 3,29E+09 | sej/g | 2,14E+17 | sej | 5,65% |
| 13 | Lana di roccia | 2,98E+05 | g | 3,09E+09 | sej/g | 9,20E+14 | sej | 0,02% |
| 14 | Laterizio | 9,89E+07 | g | 3,90E+09 | sej/g | 3,85E+17 | sej | 10,17% |
| 15 | Legno | 5,49E+07 | g | 2,40E+09 | sej/g | 1,32E+17 | sej | 3,48% |
| 16 | Legno grezzo | 5,93E+06 | g | 1,48E+09 | sej/g | 8,77E+15 | sej | 0,23% |
| 17 | Malta bastarda | 2,71E+07 | g | 3,29E+09 | sej/g | 8,94E+16 | sej | 2,36% |
| 18 | Malta cementizia | 1,45E+08 | g | 3,31E+09 | sej/g | 4,80E+17 | sej | 12,66% |
| 19 | Malta di calce | 4,90E+06 | g | 3,29E+09 | sej/g | 1,61E+16 | sej | 0,43% |
| 20 | Marmo botticino | 1,76E+06 | g | 2,44E+09 | sej/g | 4,30E+15 | sej | 0,11% |
| 21 | Minio di piombo | 4,56E+05 | g | 2,55E+10 | sej/g | 1,16E+16 | sej | 0,31% |
| 22 | Pietra calcarea | 2,47E+07 | g | 1,68E+09 | sej/g | 4,15E+16 | sej | 1,10% |
| 23 | Pietra lavica | 8,13E+05 | g | 7,56E+09 | sej/g | 6,15E+15 | sej | 0,16% |
| 24 | Pietrame | 1,86E+08 | g | 1,68E+09 | sej/g | 3,12E+17 | sej | 8,23% |
| 25 | Poliestere | 2,96E+01 | g | 8,85E+09 | sej/g | 2,62E+11 | sej | 0,00% |
| 26 | Polietilene | 1,16E+06 | g | 8,85E+09 | sej/g | 1,03E+16 | sej | 0,27% |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------------|----------|---|----------|-------|----------|-----|-------|
| 27 | Poliuretano | 6,43E+05 | g | 8,85E+09 | sej/g | 5,69E+15 | sej | 0,15% |
| 28 | Porcellana | 4,76E+05 | g | 3,51E+09 | sej/g | 1,67E+15 | sej | 0,04% |
| 29 | Pvc | 1,48E+06 | g | 9,83E+09 | sej/g | 1,45E+16 | sej | 0,38% |
| 30 | Rame | 6,43E+04 | g | 1,14E+11 | sej/g | 7,31E+15 | sej | 0,19% |
| 31 | Resina vinilacrilica | 2,20E+06 | g | 2,55E+10 | sej/g | 5,62E+16 | sej | 1,48% |
| 32 | Silicati di potassio | 4,99E+06 | g | 2,55E+10 | sej/g | 1,27E+17 | sej | 3,36% |
| 33 | Smalto o olio | 4,72E+05 | g | 2,55E+10 | sej/g | 1,21E+16 | sej | 0,32% |
| 34 | Vetro | 5,17E+06 | g | 3,63E+09 | sej/g | 1,88E+16 | sej | 0,50% |