

## CITTA' RESILIENTI

**l'adattamento dei sistemi urbani al cambiamento climatico**

[www.ecodynamics.unisi.it](http://www.ecodynamics.unisi.it)



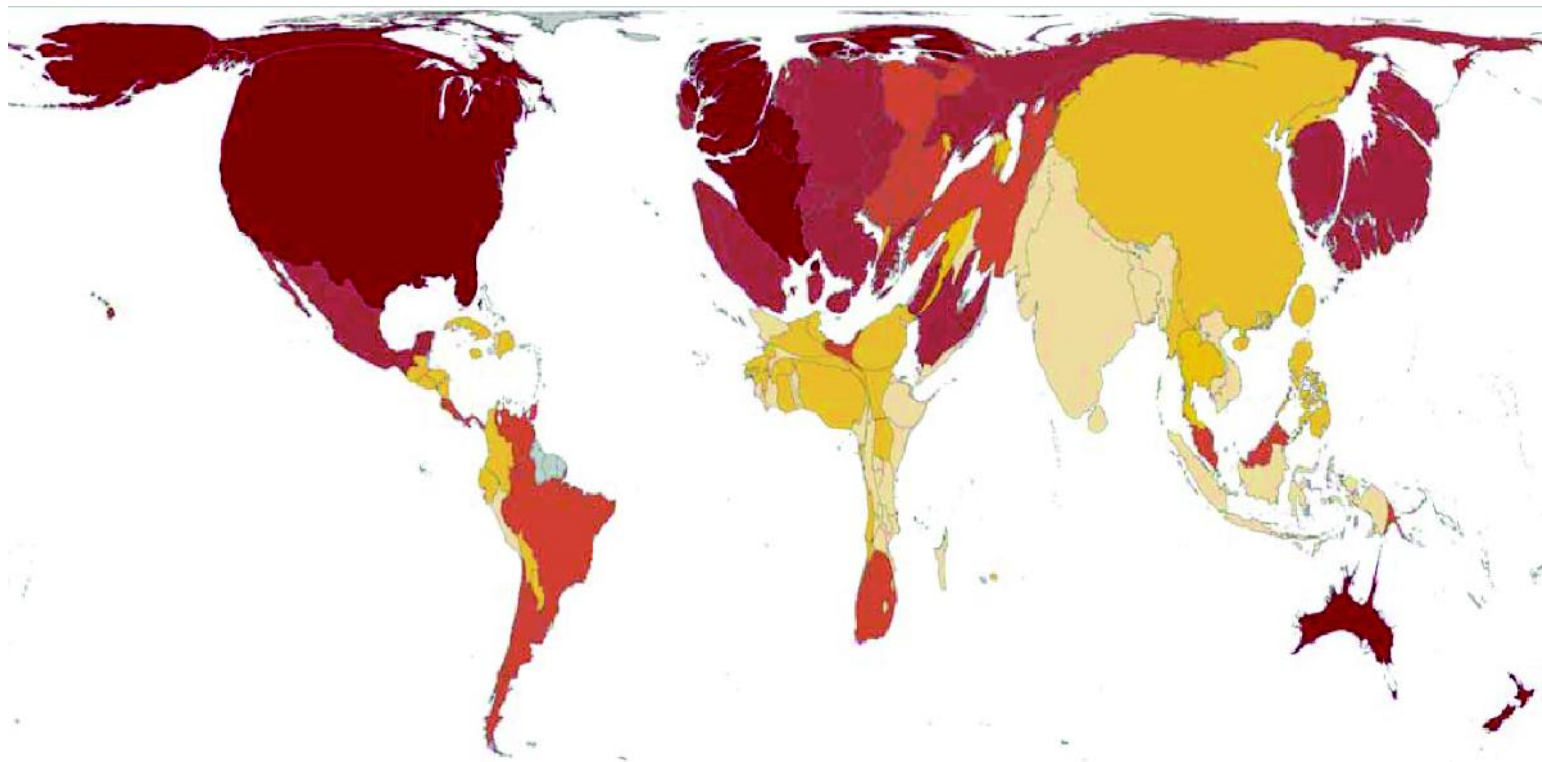
**Impronta Ecologica e altri indicatori ecodinamici**

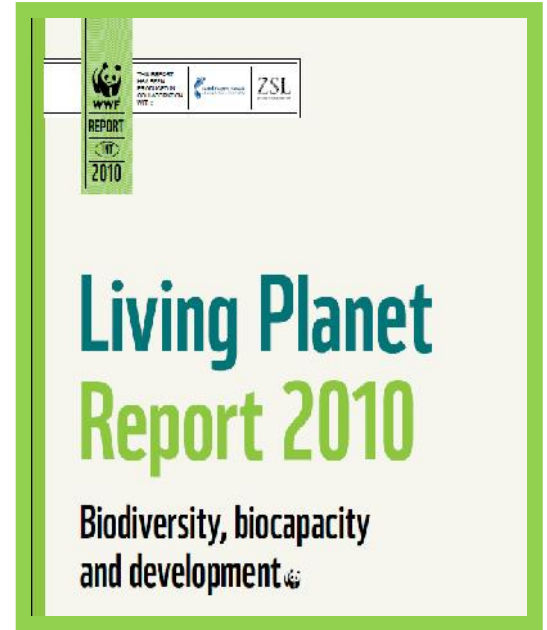
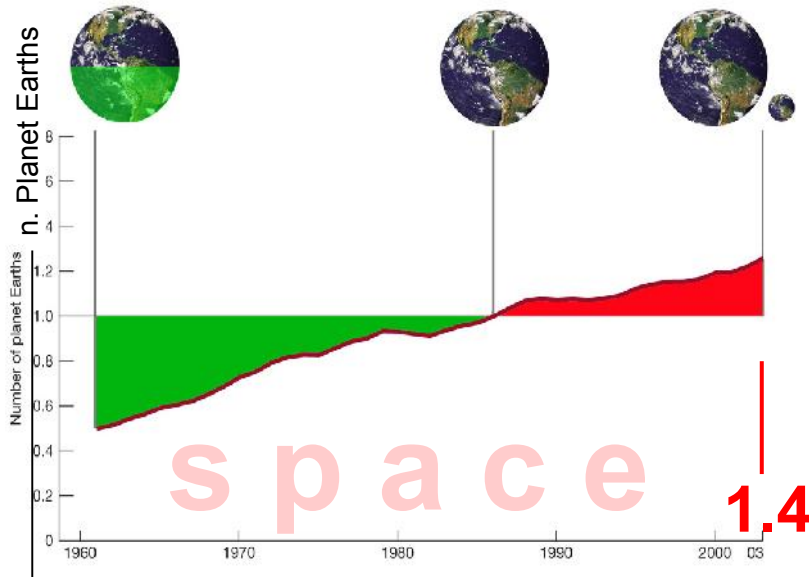
*Riccardo M. Pulselli, Valentina Niccolucci*

May 20 2011 – Firenze – Terra Futura

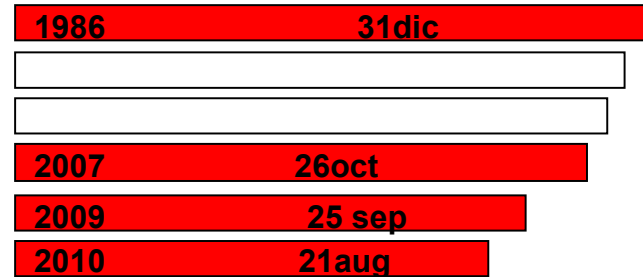
جغرافيا







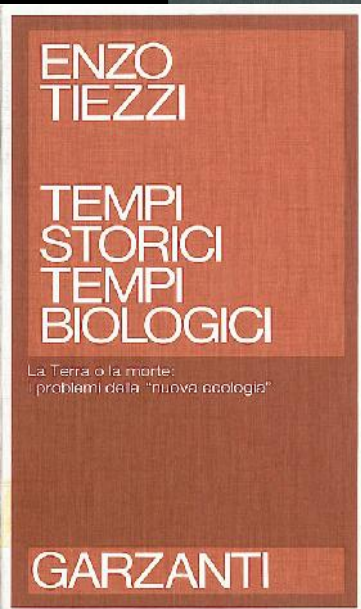
time



1,1 gha procapite  
Biocapacità

3,9 gha procapite  
Terra importata

5,0 gha procapite  
Impronta ecologica



1984



1992



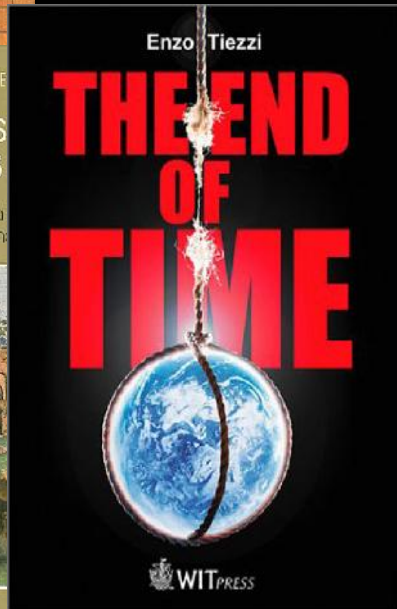
2001



2005



1988



2003

1990

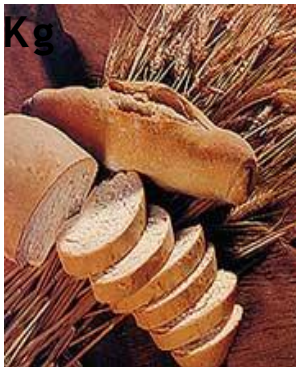
$$EF_{\text{product}} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^n EQF_i * EF_{i,j}$$

$i = 1 \dots 6$  tipi di terreno (cropland, grazing land, fishing grounds, forest area, built-up land & carbon uptake land)

$j = 1 \dots n$  input necessari alle fasi di produzione

$EQF_i$  = fattore d'equivalenza per l' $i$ -esimo terreno

1



IE pane = 26,3  
gm<sup>2</sup>

real



6,5      25  
gm<sup>2</sup>      %

virtual



19,8      75  
gm<sup>2</sup>      %

$$WF_{\text{prod}} [p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{\text{proc}} [s]}{P[p]}$$



**WFproc [s] = consumo di acqua necessaria a produrre a monte l'input dello step S**

**P = quantità del prodotto p**

**WFprod = WFblu+WFverde+WFgrigia**

**BLU:** acqua usata dalle risorse idriche blu globali (fiumi, laghi e falde); **VERDE:** acqua evaporata dalle risorse idriche globali verdi (acqua immagazzinata nel suolo e nelle piante); **GRIGIA:** acqua inquinata a causa del processo produttivo

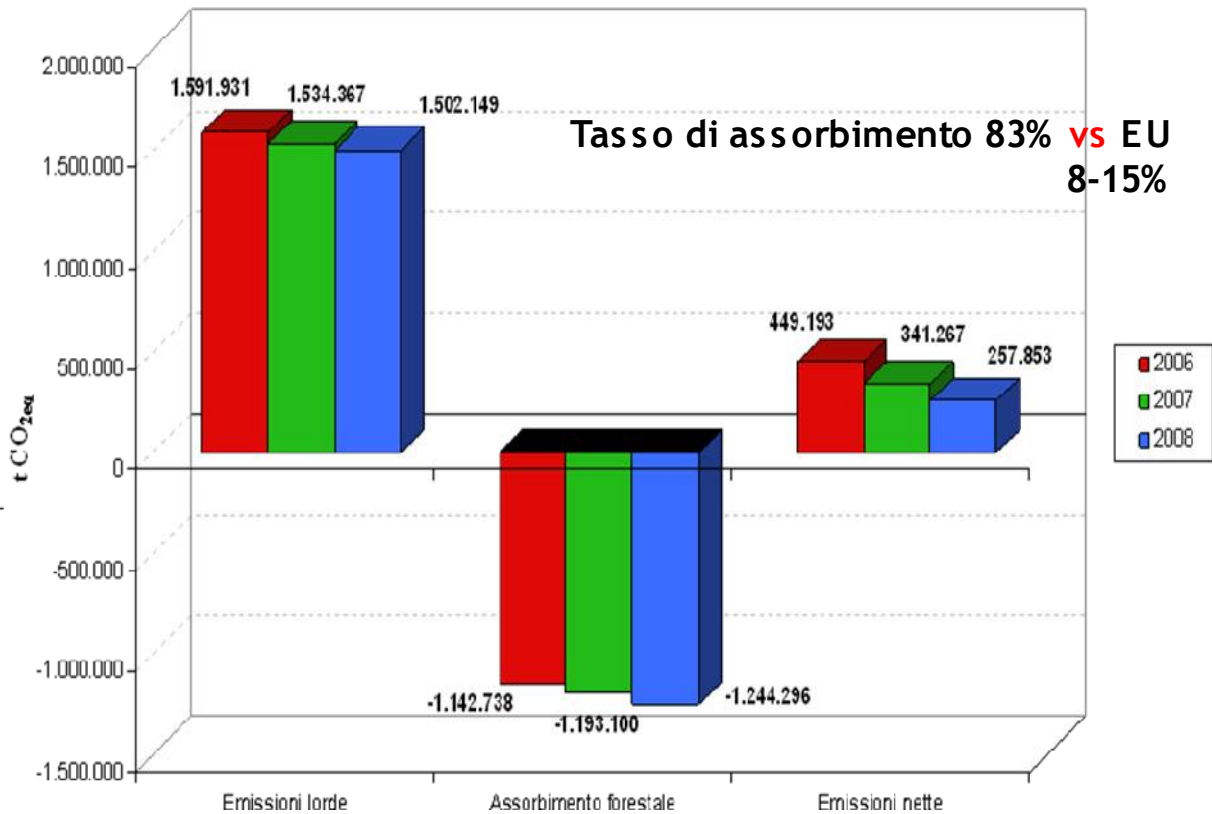


$$CF_{\text{product}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n GWP_i * Q_{i,j}$$



GWP = global warming potential di ogni emissione di gas i considerata

Q = quantità di ogni emissione di gas i per ogni input j considerato



SIENA: tot **5.6** t CO<sub>2</sub> /ab  
 net **1.0** CO<sub>2</sub> /ab  
 ITALIA: tot **9.1** CO<sub>2</sub> /ab  
 net **7.6** CO<sub>2</sub> /ab



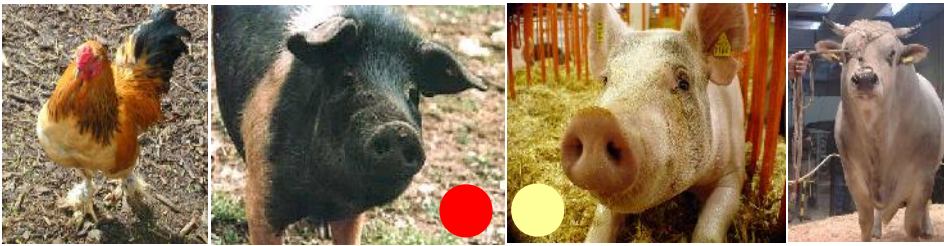
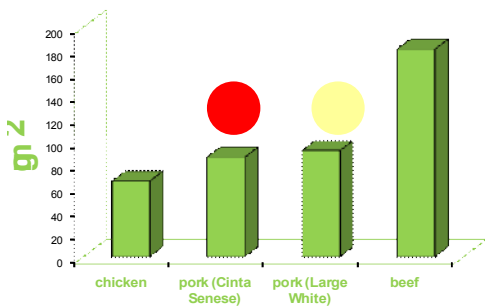


Fig.2 Ecological Footprint of different meats



Water Footprint of different meats

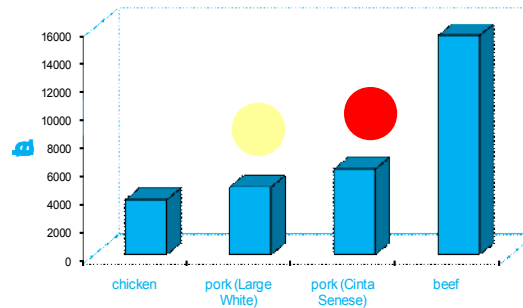
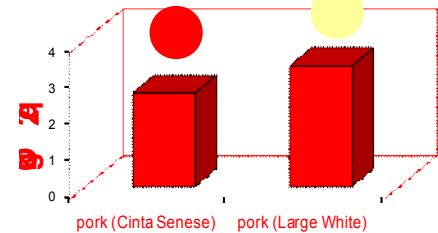


Fig.3 Carbon Footprint



**CARBON FOOTPRINT (kg CO<sub>2</sub>eq / 1,5 litri)**

**3.37x10<sup>-1</sup> vs 1.35x10<sup>-1</sup>**

**3**  
**ECOLOGICAL FOOTPRINT (gm<sup>2</sup> / 1,5 litri)**

**0.5 vs 0.003**

**WATER FOOTPRINT (L / 1,5 litri)**

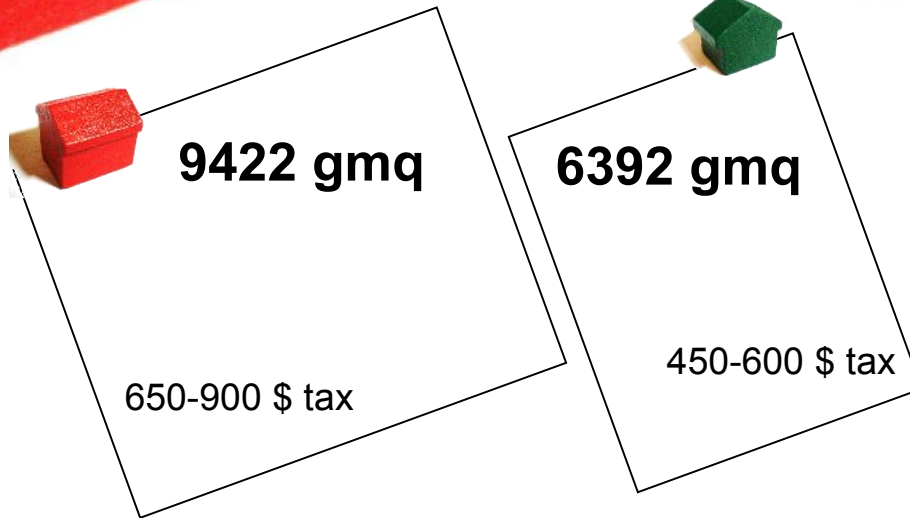
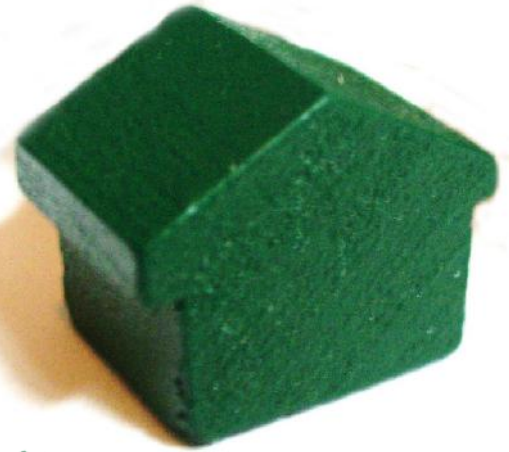
**3.43\* vs 3.63**

\* arriva a 6.92 L se includiamo anche la frazione di cooling water



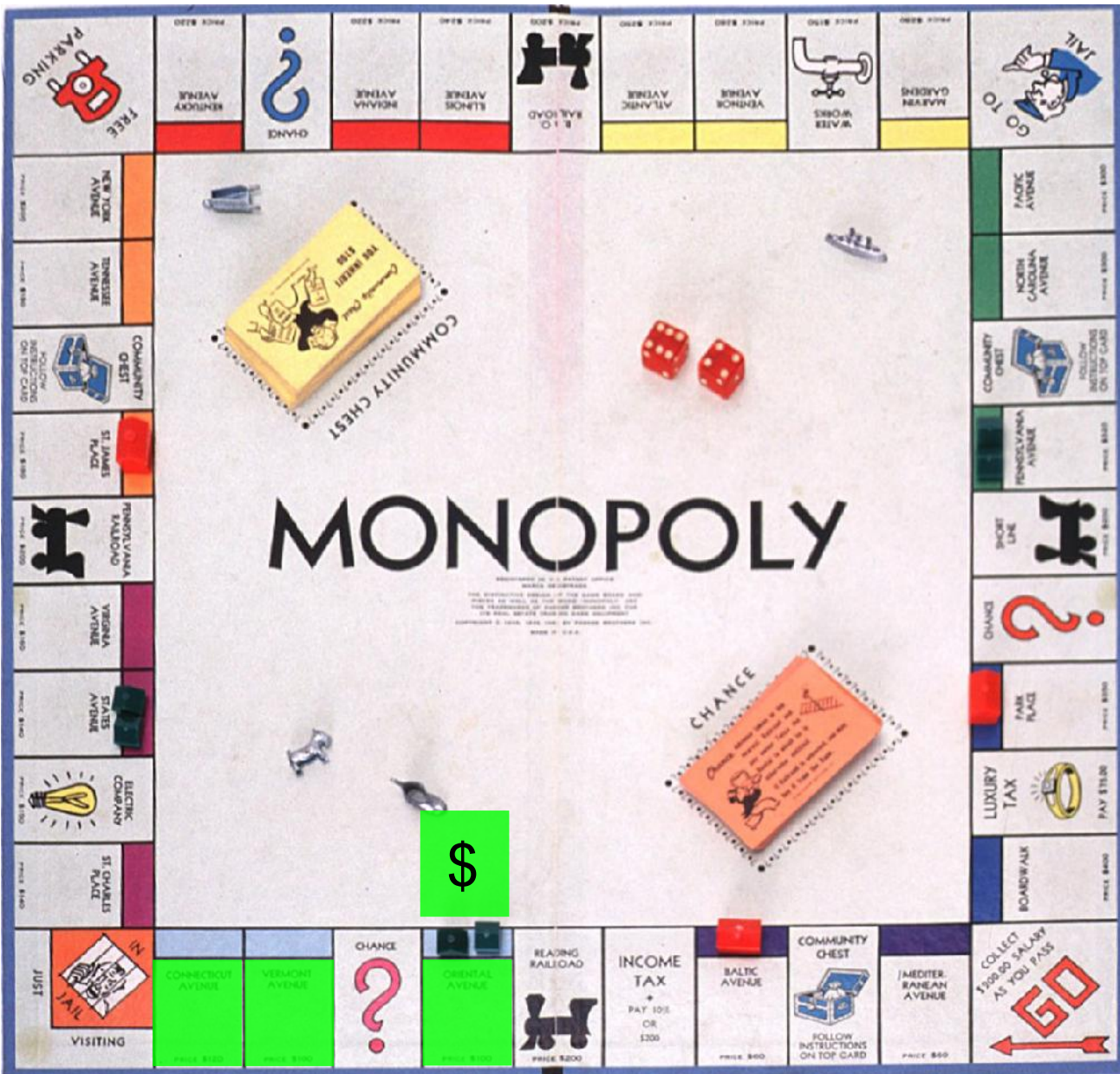
## EF 4-STORY BUILDING

## EF DETACHED HOUSE



**Bastianoni S, Galli A, Pulselli R M, Niccolucci V. Environmental and economic evaluation of natural capital appropriation through building construction. *Ambio* 36(7) 2007 559-565.**

Assessment of construction + maintenance processes (life span 75yrs) - based on embodied energy



FREE PARKING  
PRICE \$200

BENTUCK AVENUE  
PRICE \$200

CHANCE  
PRICE \$200

INDIANA AVENUE  
PRICE \$200

ELKHORN AVENUE  
PRICE \$200

E.I.O. RAILROAD  
PRICE \$200

ATLANTIC AVENUE  
PRICE \$200

VERMONT AVENUE  
PRICE \$200

WATER WORKS  
PRICE \$150

MARBLE GARDENS  
PRICE \$200

GO TO JAIL  
PRICE \$200

NEW YORK AVENUE  
PRICE \$200

TENNESSEE AVENUE  
PRICE \$200

COMMUNITY CHEST  
PRICE \$200

ST. JAMES PLACE  
PRICE \$800

PENNSYLVANIA RAILROAD  
PRICE \$200

VERMONT AVENUE  
PRICE \$200

STATES AVENUE  
PRICE \$200

ELECTRIC COMPANY  
PRICE \$100

ST. CHARLES PLACE  
PRICE \$800

JUST VISITING  
PRICE \$200

**MONOPOLY**

REGULATED BY U.S. PATENT OFFICE  
MADE IN U.S.A.

THE MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME HAS BEEN MADE AS NEARLY AS POSSIBLE TO REPRESENT THE REAL MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME. THE MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME IS THE PROPERTY OF THE MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME. THE MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME IS THE PROPERTY OF THE MONOPOLY BOARD OF THE BOARD GAME.

FAIR PLAY  
PRICE \$200

COMMUNITY CHEST  
PRICE \$200

PENNSYLVANIA AVENUE  
PRICE \$800

SHORT LINE  
PRICE \$200

CHANCE  
PRICE \$200

FAIR PLAY  
PRICE \$200

LUXURY TAX  
PAY \$100

BOARDWALK  
PRICE \$800

CONNECTICUT AVENUE  
PRICE \$200

VERMONT AVENUE  
PRICE \$200

CHANCE  
PRICE \$200

ORIENTAL AVENUE  
PRICE \$200

READING RAILROAD  
PRICE \$200

INCOME TAX  
PAY 10% OR \$200

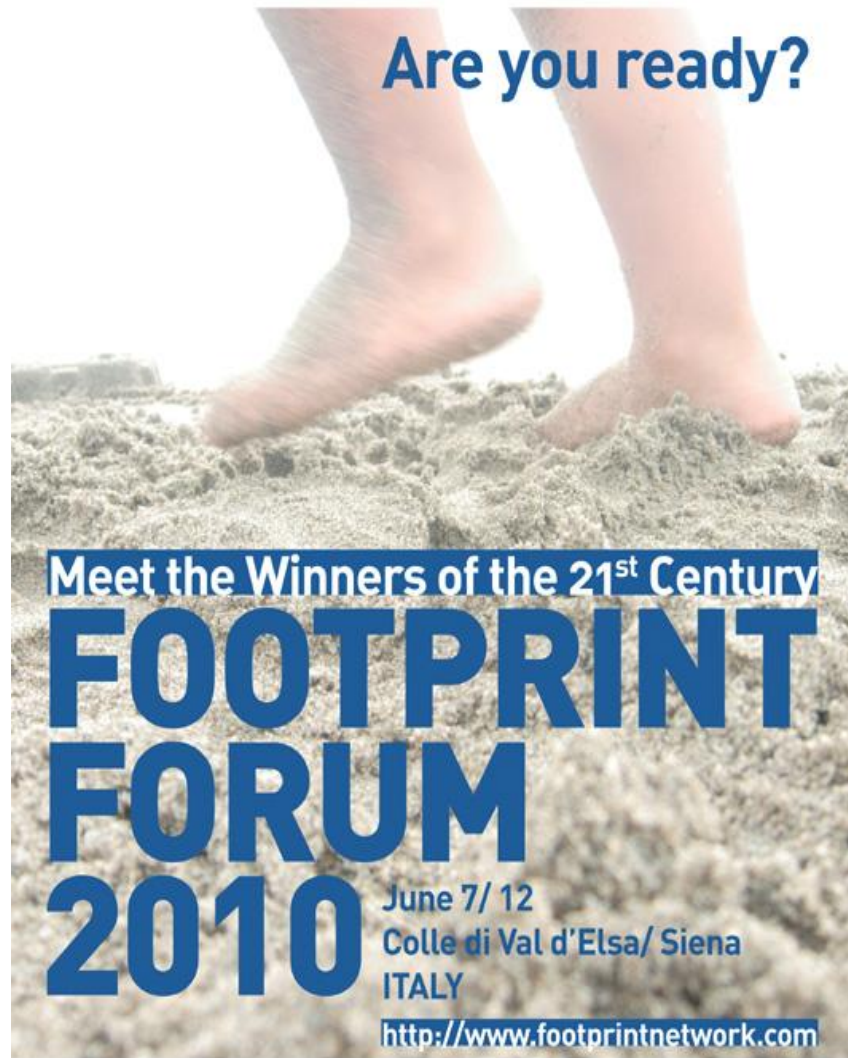
BALTIMORE AVENUE  
PRICE \$800

COMMUNITY CHEST  
PRICE \$200

MEDITERRANEAN AVENUE  
PRICE \$800

COLLECT \$200 AS YOU PASS  
GO  
PRICE \$200

# Are you ready?



## Meet the Winners of the 21<sup>st</sup> Century

# FOOTPRINT FORUM 2010

June 7/ 12  
Colle di Val d'Elsa/ Siena  
ITALY

<http://www.footprintnetwork.com>

con la collaborazione di



Global Footprint Network  
Advancing the Science of Sustainability

Università degli Studi di Siena  
Dipartimento di Scienze e Ingegneria Civile e in Bioclima

## FOOTPRINT FORUM

*learn - share - connect*

### 14 - 17 Giugno 2006

### Colle Val d'Elsa e Siena

#### Programma Preliminare

**Mercoledì 14 e Giovedì 15 Giugno (Colle Val d'Elsa)**

Forum riservato ai partner del Global Footprint Network

Il forum prevede una serie di incontri informali, riservati ai partner del Global Footprint Network e rivolti all'approfondimento delle strategie e delle finalità dell'Impronta Ecologica ed agli sviluppi futuri degli standard metodologici ed certificazione.

**Auxilia** lavori del Congresso del prof. Giovanni Franzini Rettore dell'Università di Siena

**Venerdì 16 Giugno (Siena)**

Conferenza pubblica sull'Impronta Ecologica

La conferenza pubblica si svolgerà presso il complesso museale del Santa Maria della Scala, nel centro storico di Siena e prevede la presenza di importanti ospiti ed esperti mondiali, tra cui Marko Vucelja, Direttore del Global Footprint Network, Enzo Tezzi, Coordinatore della Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze Chimiche dell'Università di Siena, Jacqueline McGlade, Direttore Esecutivo dell'European Environment Agency, Simon Upton, Presidente della Commissione dell'ECCE (Ufficio Sviluppo Sostenibile), Mick Bourke, Presidente dell'Environmental Protection Authority dello Stato di Victoria, Australia e un delegato del Coordinamento Agenzie 21 Locali Italiane, L'ingresso alla conferenza è gratuito. E' prevista la traduzione simultanea.

**Sabato 17 Giugno (Colle Val d'Elsa)**

Corso introduttivo all'Impronta Ecologica

Corso intensivo della durata di un giorno sulle conoscenze scientifiche e di base, sui principi metodologici, sugli strumenti e sulle strategie di comunicazione dell'Impronta Ecologica. La quota di iscrizione è di 400 euro a persona, per gli studenti e per membri di aziende o istituzioni partner la quota è di 200 euro a persona. Gli sponsor dell'evento possono usufruire di 3 lezioni gratuite.

[www.footprintforum.org](http://www.footprintforum.org)

evento realizzato con il contributo di:



#### A chi è rivolto il forum?

Il Footprint Forum è aperto a tutti i membri delle organizzazioni aderenti al Global Footprint Network, agli studenti agli universitari, ai professionisti, agli accademici ed ai ricercatori operanti nel campo della sostenibilità, al personale operativo ed ai laureati e a chiunque sia interessato alla conoscenza delle basi metodologiche e degli strumenti di calcolo dell'Impronta Ecologica.

#### CON IL PATROCINIO DI

- Agenzia per la Protezione Ambientale e Servizi Tecnici
- Coordinamento Agenzie 21 Locali Italiane
- Comunità Montana Amata Val d'Elsa
- Consiglio Nazionale delle Ricerche
- Università Ca' Foscari Venezia
- Regione Toscana
- Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze Chimiche Università degli Studi di Siena
- Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze e Ingegneria Applicata all'Edilizia Università degli Studi di Siena
- Società Chimica Italiana
- Dipartimento di Chimica dell'Università di Bari
- Scienze della Terra e dell'Ambiente Università degli Studi di Siena

#### COMITATO ORGANIZZATORE

- Matteo Wickhamper  
Global Footprint Network
- Saverio Biondani  
Università degli Studi di Siena

#### CONFERENCE COORDINATOR

- Carrie Wickhamper  
International  
FootprintForum.org

#### STAFF

- Nina Isaksson, Bronwyn Greenwood, Susan Burro  
Global Footprint Network  
www.footprintforum.org

Talentina Nicolucci, Mara Boni, Alessandro Galbi

Dip. di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi  
Università degli Studi di Siena  
Via A. Moro 2 - 53100 Siena

tel. 0577-232244 - 0577-214230 fax 0577-332104  
e-mail: [ef2006@unisi.it](mailto:ef2006@unisi.it)





Prefazione di Paolo Portoghesi



Riccardo M. Pulselli e Enzo Tiezzi

## CITTÀ FUORI DAL CAOS

La sostenibilità dei sistemi urbani

DONZELLI EDITORE

Riccardo M. Pulselli  
and Enzo Tiezzi

# City out of *Chaos*

Urban Self-organization  
and Sustainability

 WIT PRESS

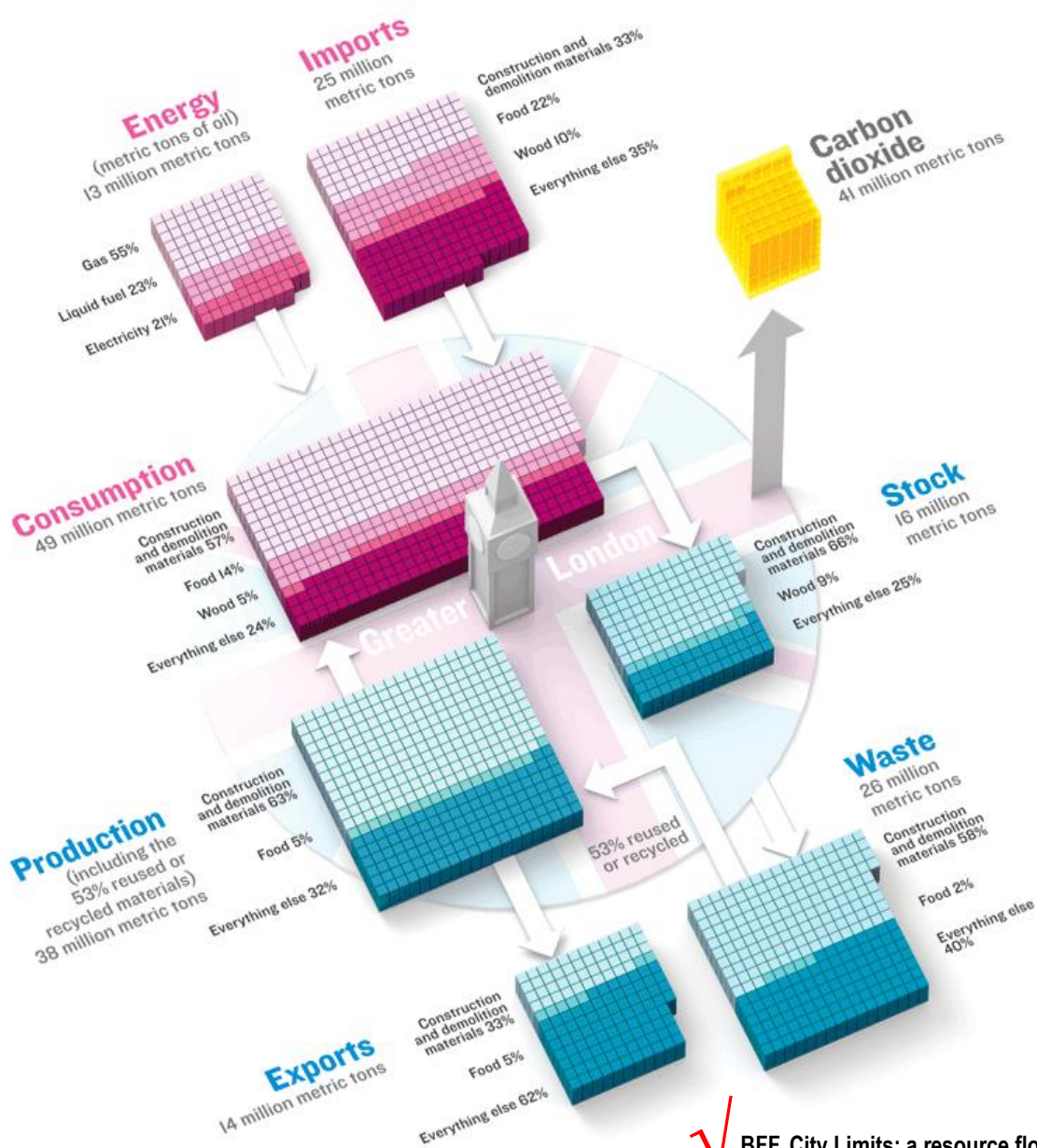
*The most simple example of dissipative structures that we can evoke by analogy is the city.*

*A city is different from the countryside that surrounds it; the roots of its individuation lie in the relations it entertains with the adjacent countryside: if the countryside was eliminated, the city would disappear.*





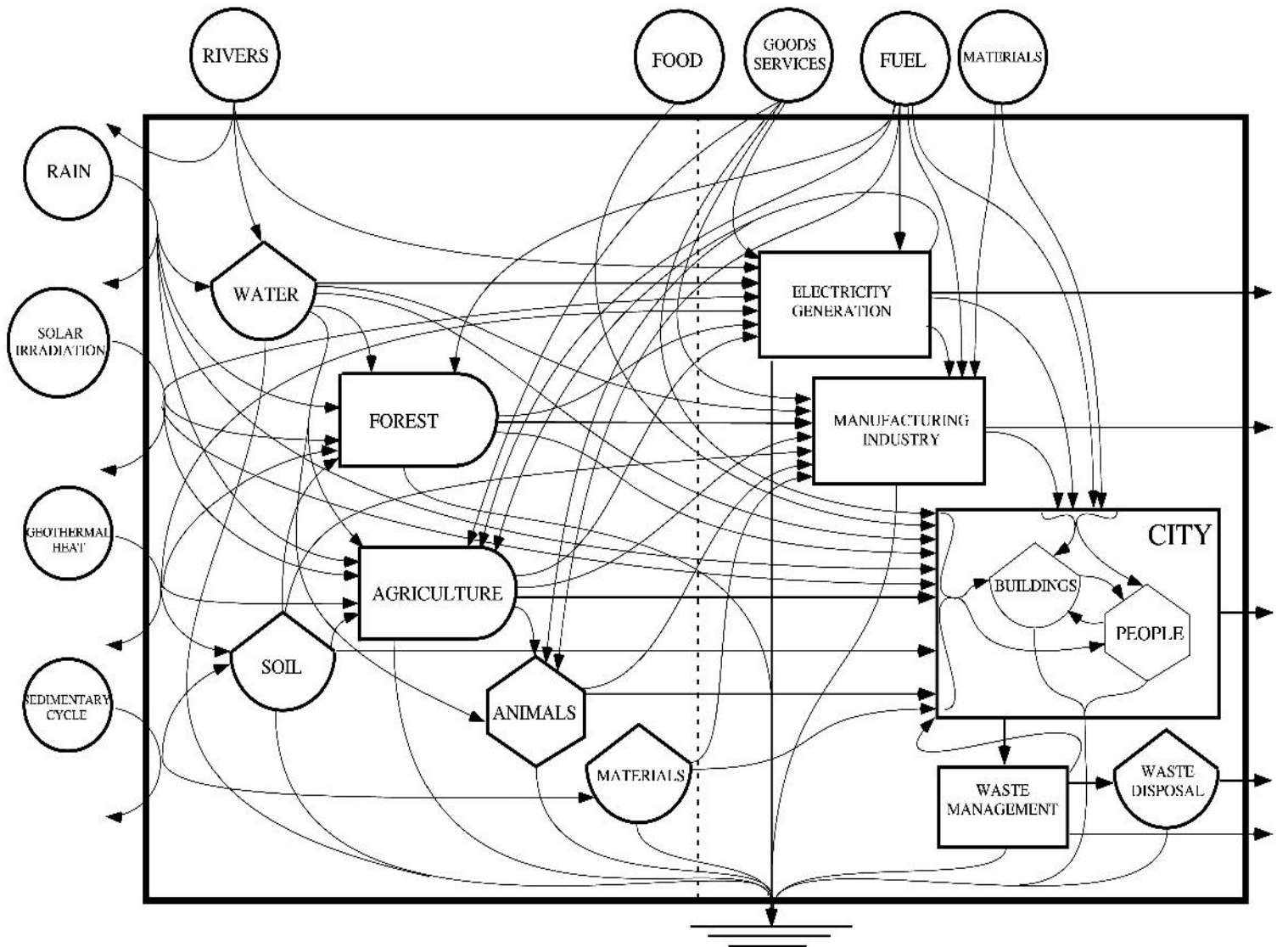
Ambrogio Lorenzetti – Effetti del Buon Governo 1340



Each cube represents 100 thousand metric tons.

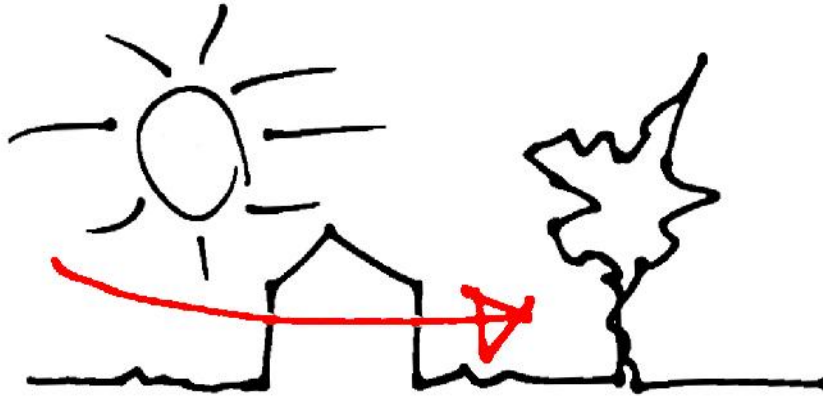
✓ BFF, City Limits: a resource flow and ecological footprint analysis of Greater London. Best Foot Forward Ltd, London 2009





 Energy System Diagram of an urban system

ODUM'S MACROSCOPE



*“the **quantitative understanding** of the relationships between **human-dominated systems** and the **biosphere** is the realm of emergy analysis”*

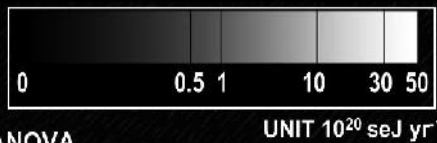
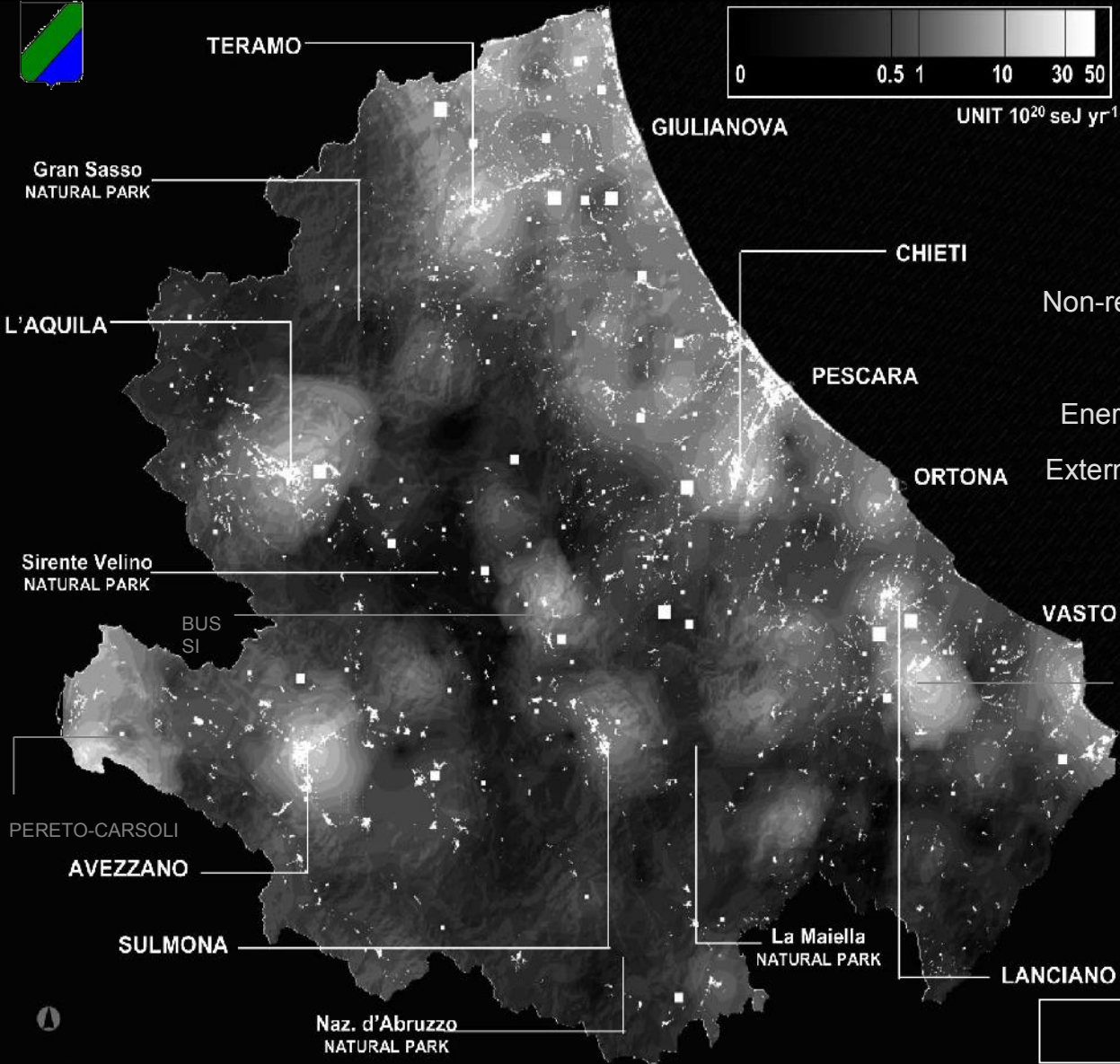
H.T. Odum 1971











10,788 km<sup>2</sup>  
1,305,531 inhabs  
4 provinces  
315 municipalities

Renewable R (2%)  
Non-renewables N (29%)  
Local L (31%)  
Energy inflows F1 (17%)  
External inflows F2 (52%)  
External F (69%)

VAL DI SANGRO



7.45 x 10<sup>22</sup>  
sej/year

Riccardo Maria Pulselli

Come esplorare la cinetica dei sistemi urbani

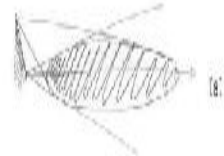
# La città in movimento





Dalla rete al poe

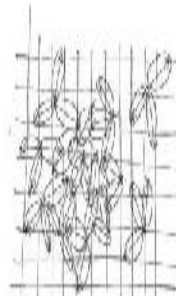
Ogni singolo elemento viene associato ad una somma di valori di coordinate, denominata cella (a). Coordinate e direzione delle arance permettono di rilevare lo strutt. top. della rete di saleto (a) e di sua territorial. e le dimensioni e posizioni delle singole celle (b). L'elaborazione dei dati di traffico da 8 a 10 termini, relativi alle relative celle, conduce al rinvio dell'intensità di attività associata a singole unità spaziali (indicate da una griglia di riferimento (c)). Le rappresentazioni dei dati nella griglia permettono di visualizzare l'intensità di attività per singola cella e in forma di una configurazione spaziale d'insieme (d).



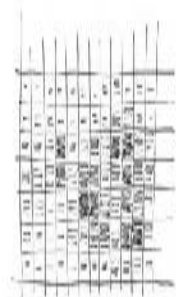
(a)



(b)



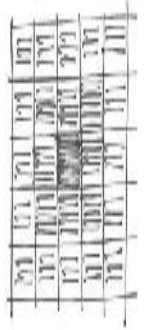
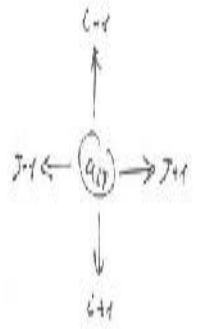
(c)



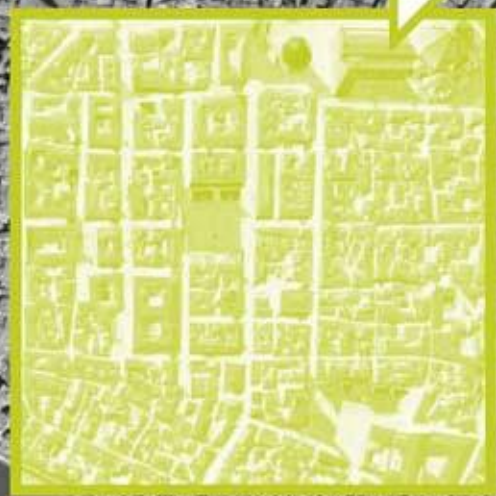
(d)

Matrice di attività sul 3° ordinato e l'importo della matrice  $A=(a_{ij})$ ,  $i=1, 70, j=1, 30$ . Questo permette di elaborarsi dati puntuali, associati al centro di ciascuna cella, rispetto alle loro posizioni all'interno della griglia. In questo modo, è possibile associare valori di attività alle spaziali di un dato (j).

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,30} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{i,1} & \dots & a_{i,30} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{70,1} & \dots & a_{70,30} \end{bmatrix}$$



Il pixel è l'unità spaziale minima di riferimento per l'elaborazione delle informazioni: i dati di attività rilevati per ogni cella sono riportati su base cartografica attraverso i pixels di dimensione 500x500 m.



↑  
500m  
↓

← 500m →



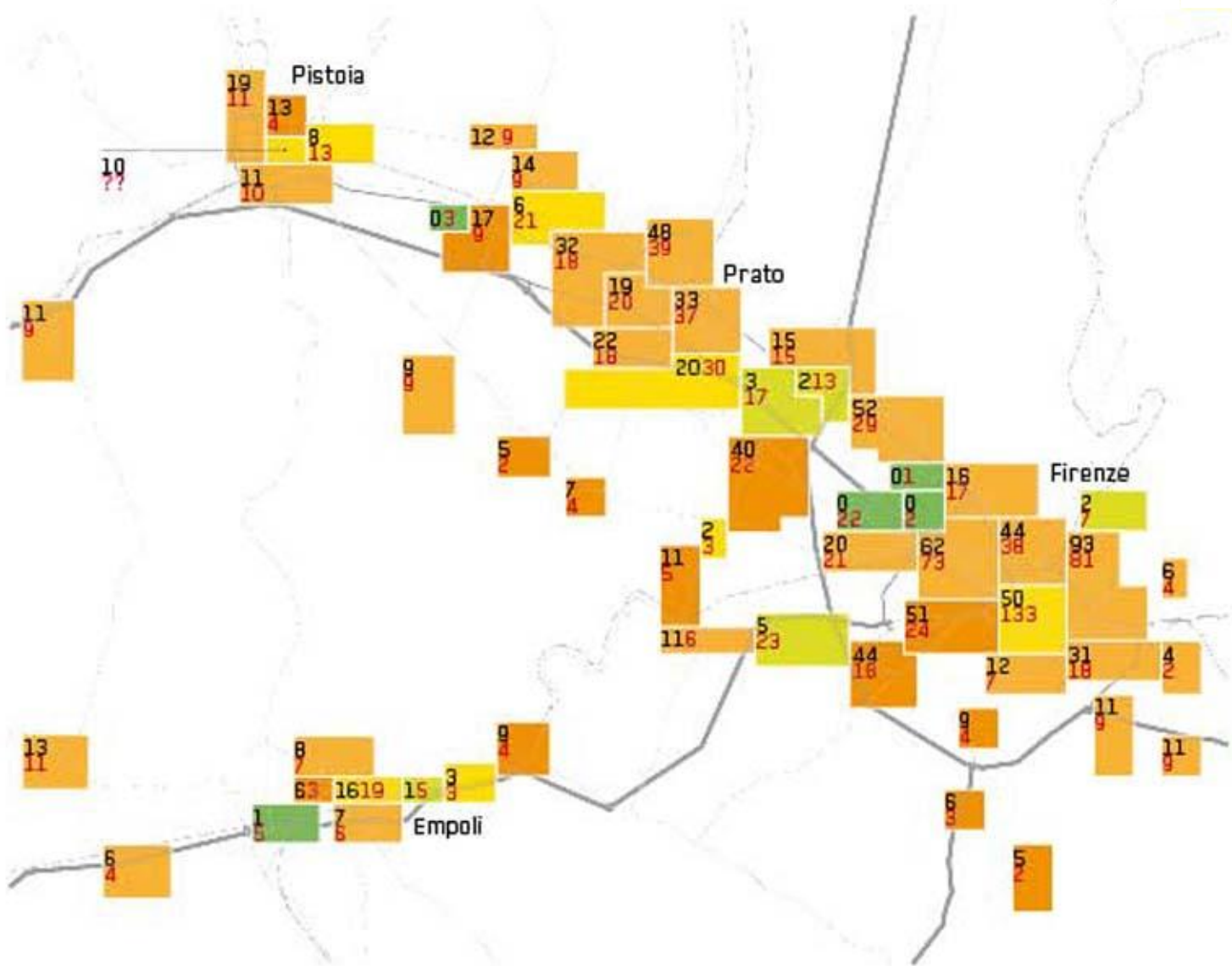
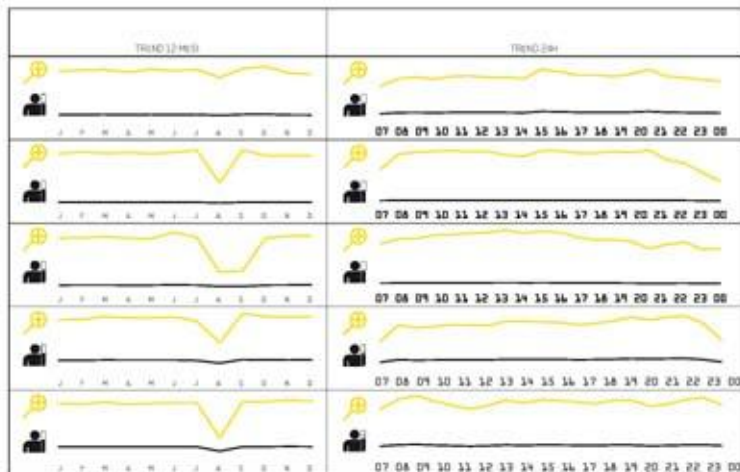
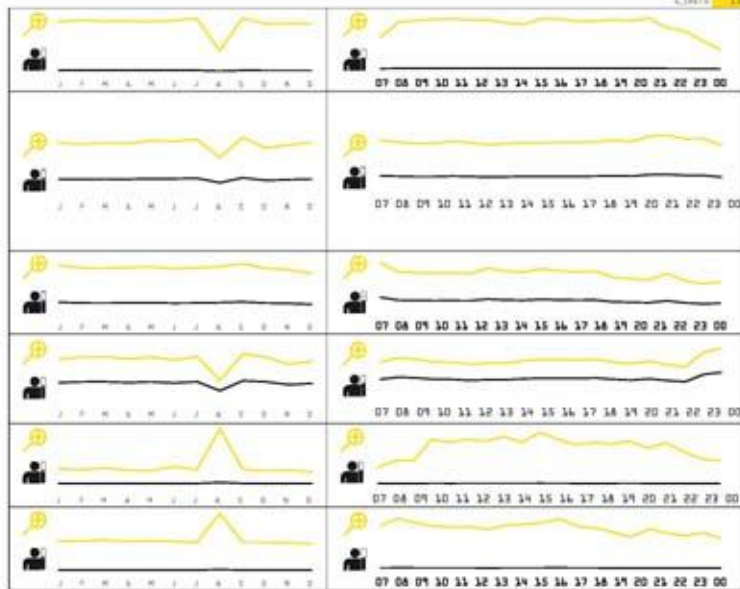


Tabella delle Unità spaziali aggregate

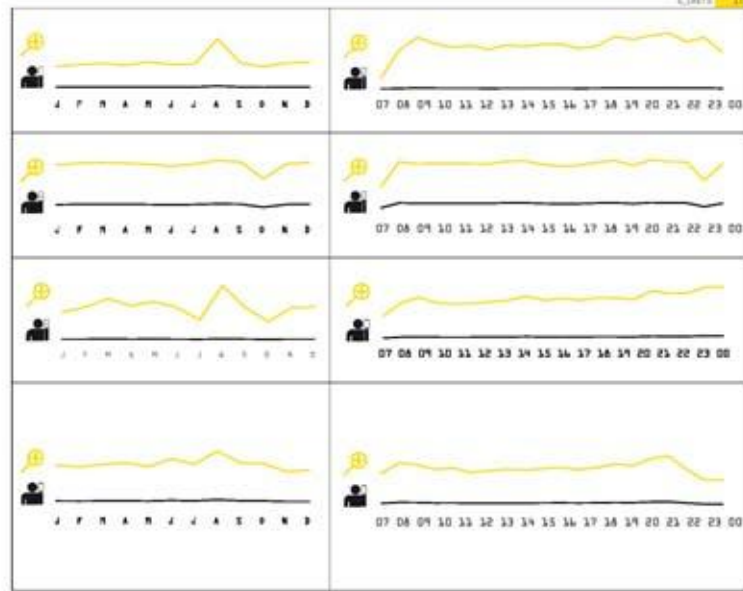
SPTIAL UNIT	MUNICIPALITY	EST 2014	PSF12	MOBILE	MOBILE	ACTIVITY MOBILE
Area (km <sup>2</sup> )						24h
Agliana 21 par = 5,25 km <sup>2</sup>	Agliana		88%	212		
Adelphi AP 6 par = 1,22 km <sup>2</sup>			58	202		
Ardea 9 par = 2,25 km <sup>2</sup>	Bagna a Ripa		201%	433		
Bagna a Ripa 12 par = 3 km <sup>2</sup>			27%	88		
Gravina 18 par = 4,5 km <sup>2</sup>			51%	218		





















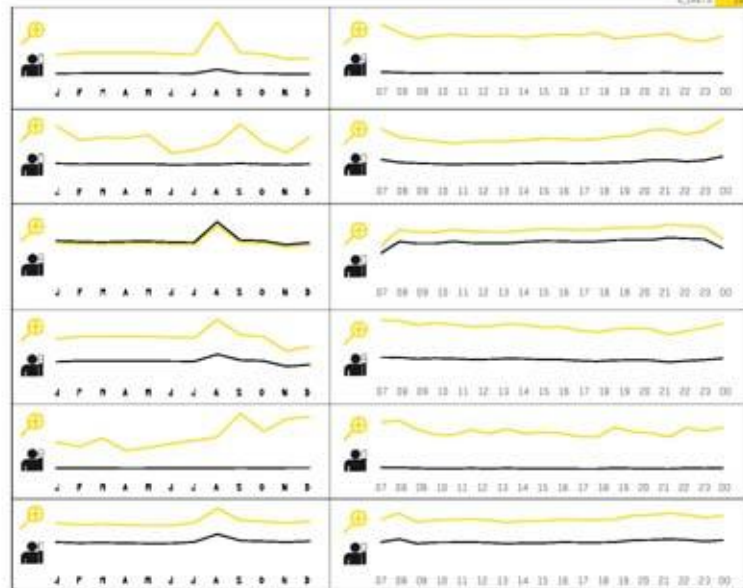
Castellan AP 12 par = 3 km <sup>2</sup>	Castellone		168	504		
Castellone 25 par = 7 km <sup>2</sup>			481	243		
Geni AP 25 par = 5,1 km <sup>2</sup>	Campi Bisenzio		96	303		
Campi Bisenzio 40 par = 12 km <sup>2</sup>			584	247		
Montecatini 31 par = 8 km <sup>2</sup>	Montecatini Forestina		192	138		
Montecatini AP 17 par = 3 km <sup>2</sup>			196	129		



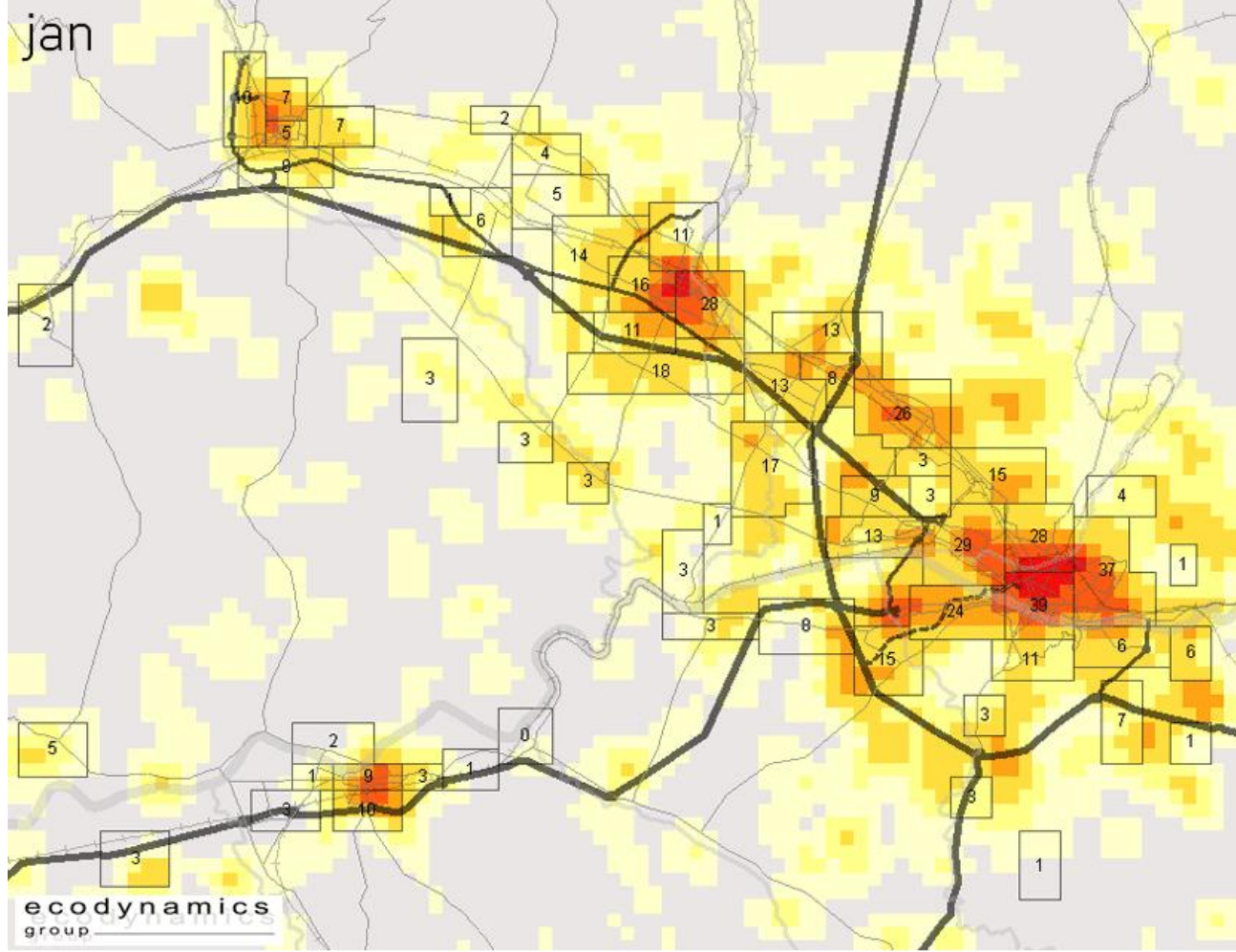
<p>Ernst Thaal</p> <p>8 jaar - 130 km²</p>	Erpelt		042	200		
<p>Erpelt Sub</p> <p>11 jaar - 170 km²</p>			408	100		
<p>Erpelt Est AP</p> <p>8 jaar - 130 km²</p>			181	200		
<p>Erpelt</p> <p>11 jaar - 270 km²</p>	Erpelt		85	222		



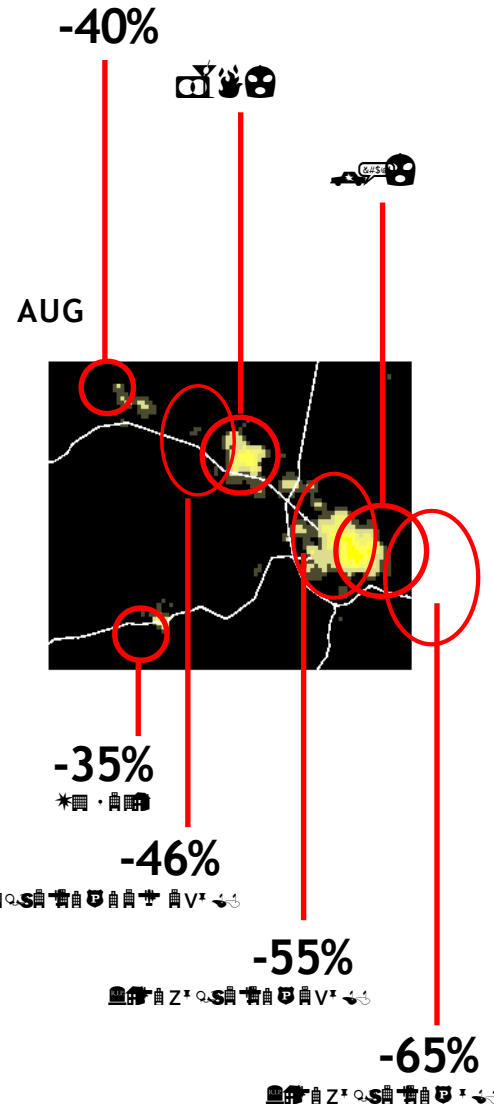
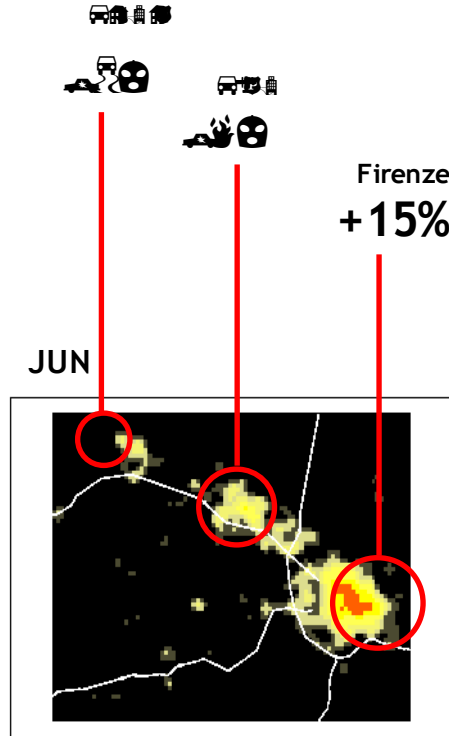
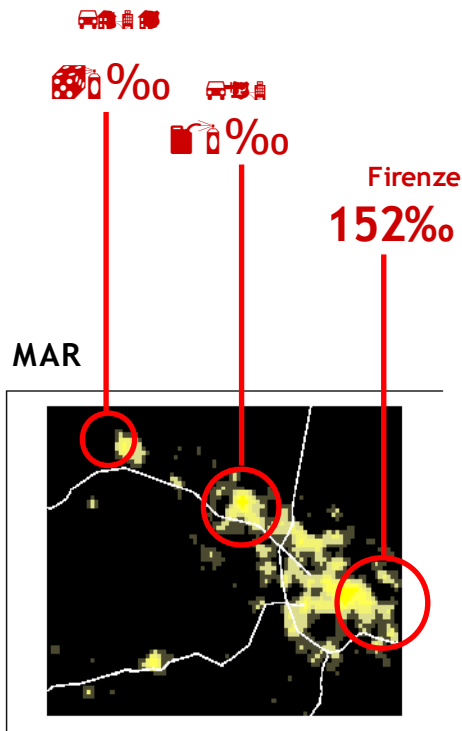
<p>Arcoeurto</p> <p>8 jaar - 230 km²</p>	France		7	80		
<p>Erpelt - Ferenballe</p> <p>11 jaar - 520 km²</p>			608	463		
<p>Erpelt - Marle</p> <p>40 jaar - 100 km²</p>			3884	903		
<p>Erpelt</p> <p>26 jaar - 700 km²</p>			408	292		
<p>Erpelt</p> <p>8 jaar - 220 km²</p>			857	100		
<p>Erpelt</p> <p>25 jaar - 700 km²</p>			1576	300		

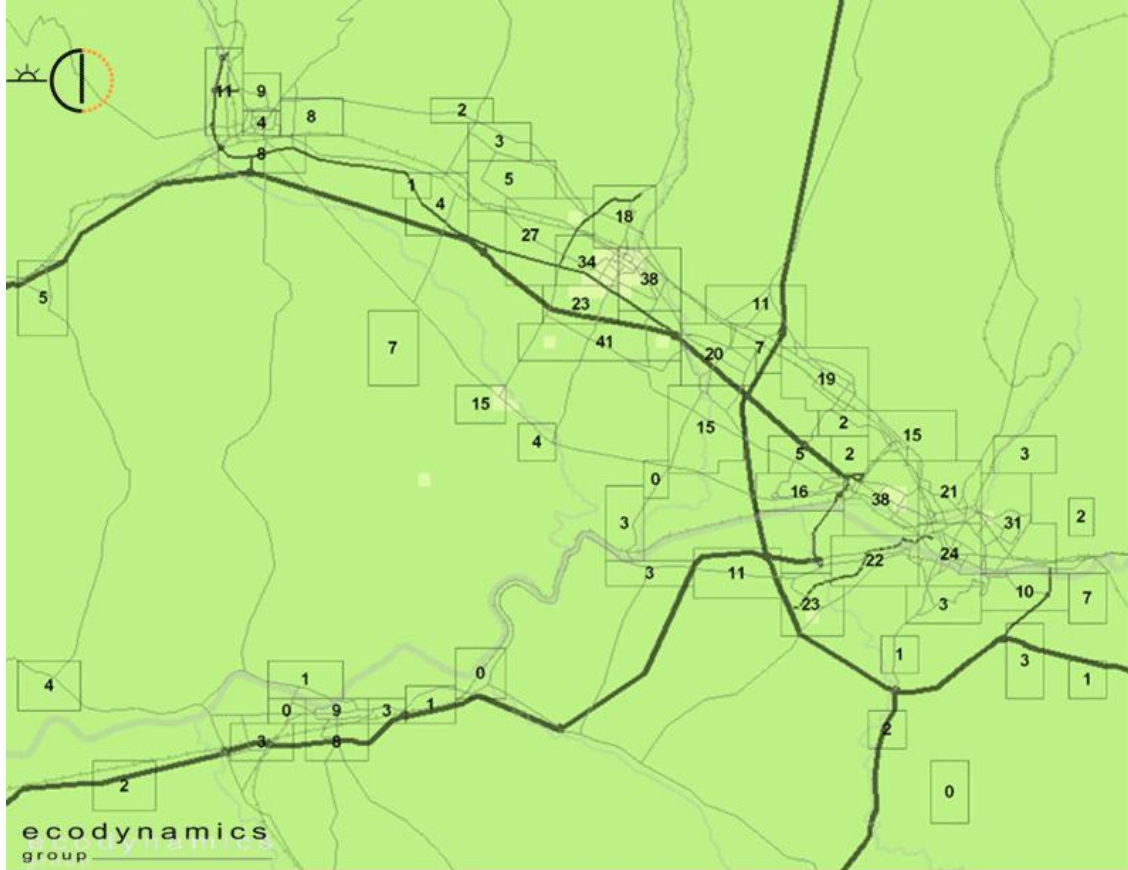


jan

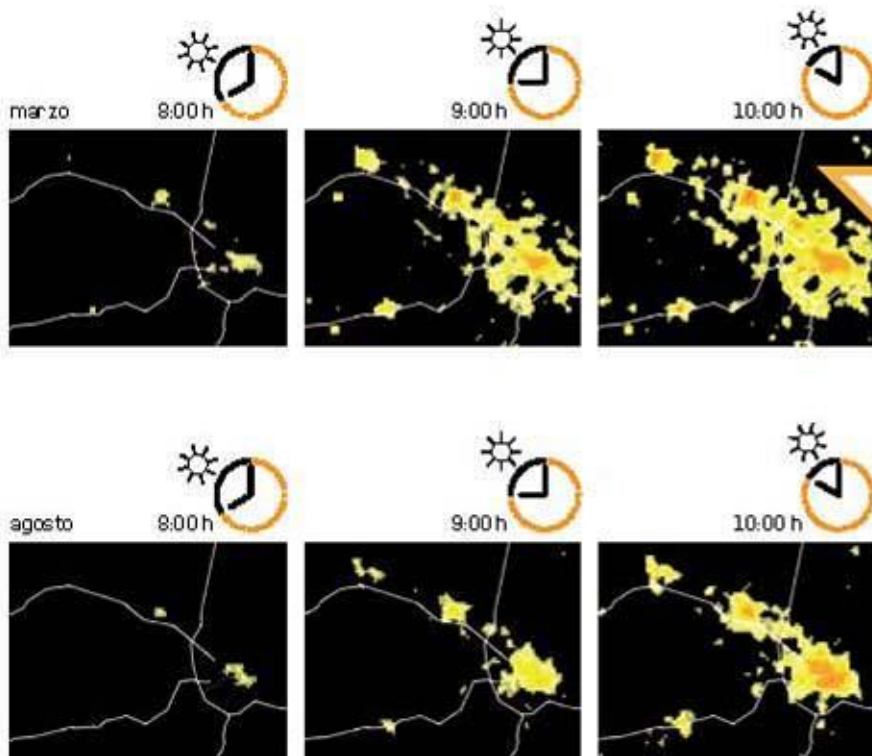








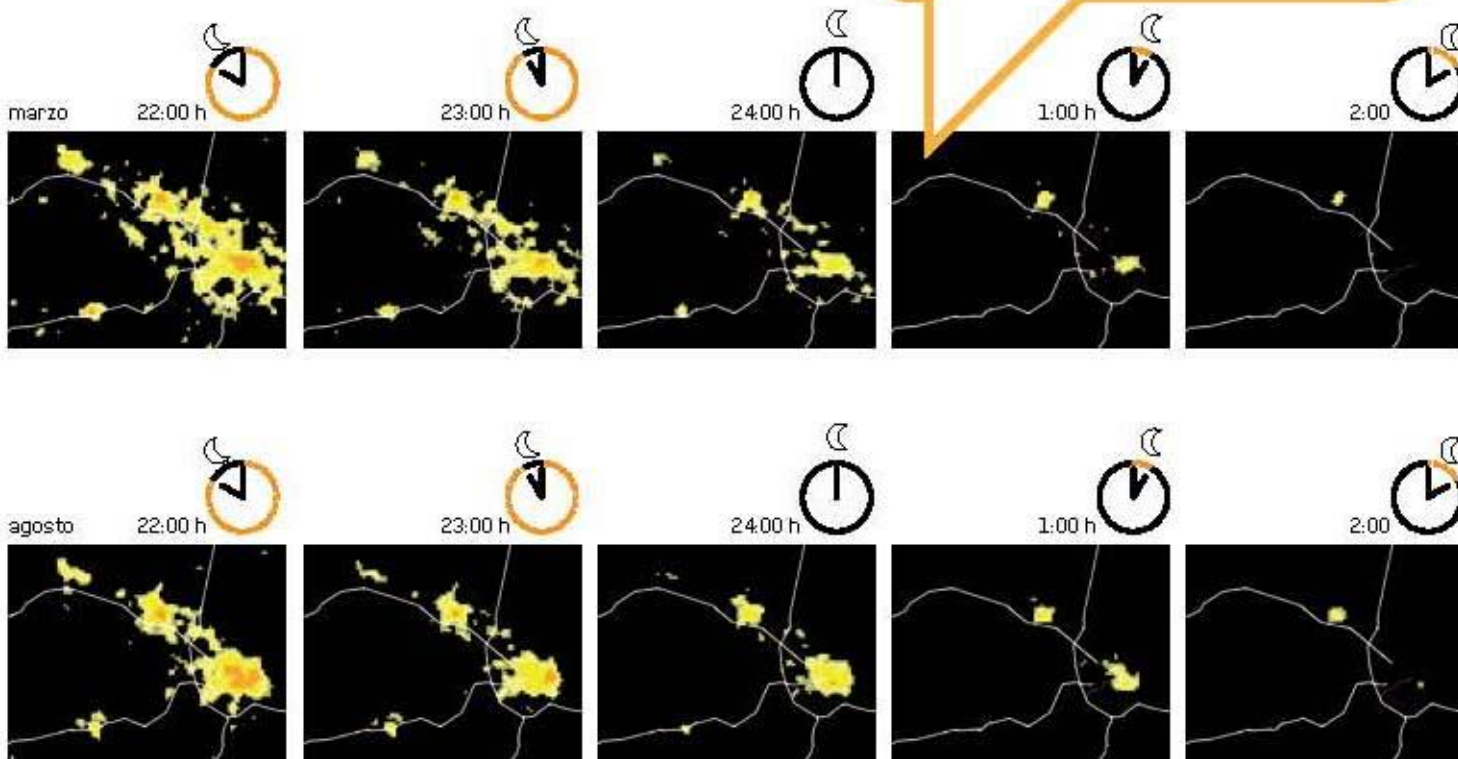
# SWITCH ON

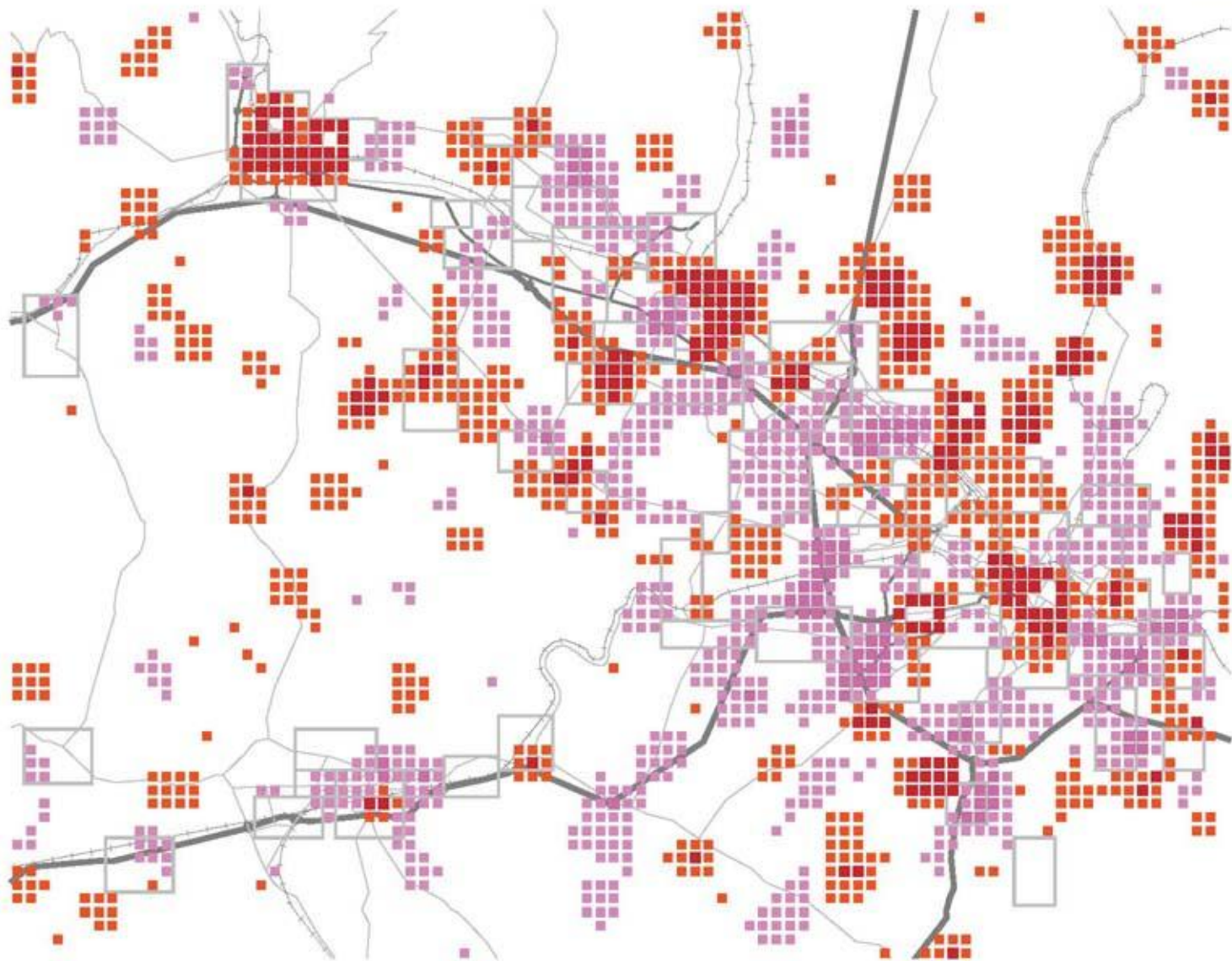


È mostrata l'accelerazione di attività nelle prime ore del giorno. Dal confronto si osserva una dinamica posticipata e una configurazione generale più compatta nei mesi estivi rispetto ad una dinamica anticipata e una configurazione più estesa, ad includere i luoghi del lavoro e le periferie urbane, nei mesi invernali.

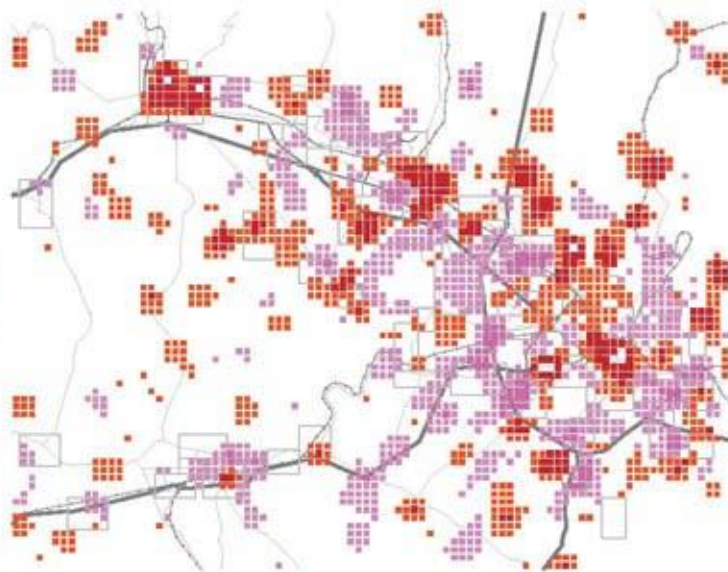
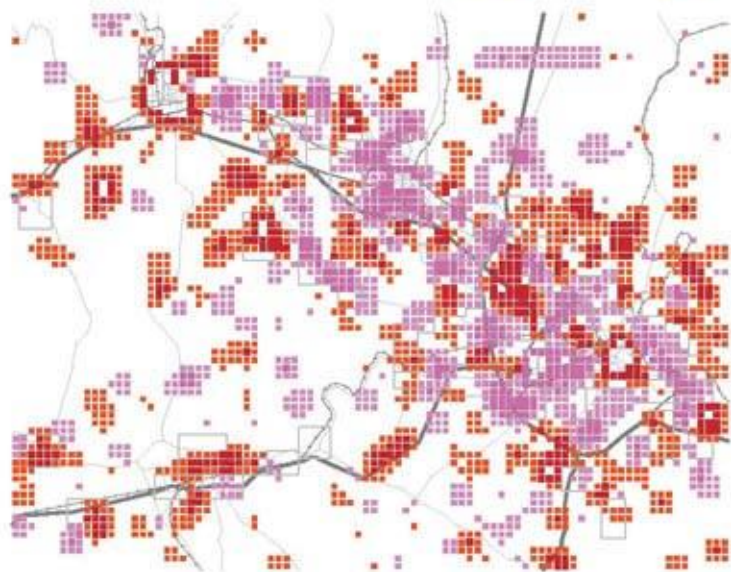
# SWITCH OFF

È mostrato il rallentamento di attività nelle tarda serata. Dal confronto si osserva una dinamica posticipata fino a notte inoltrata e più concentrata nei centri con servizi ricreativi nei mesi estivi.

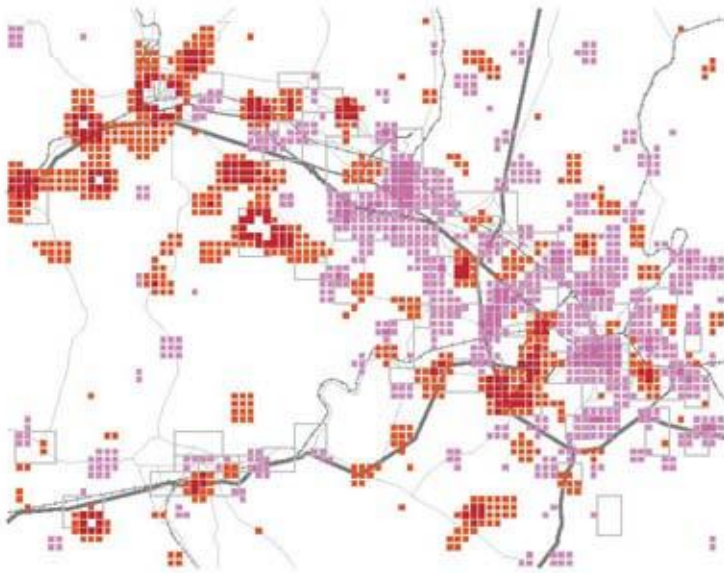




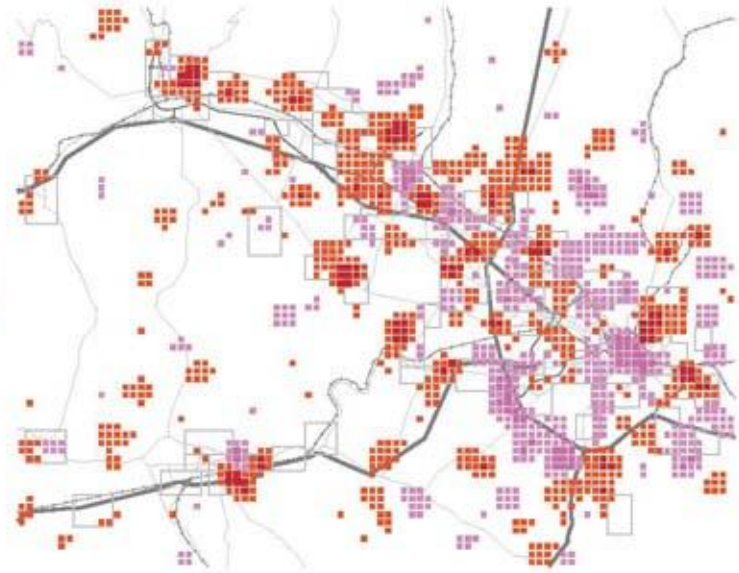
marzo



18:00 h   19:00 h  



19:00 h   20:00 h  









ecodynamics  
group



Negli ultimi anni si è andato sempre più sviluppando lo studio dei sistemi real-time, cioè sistemi in cui l'evoluzione temporale gioca un ruolo primario. [...] Sarebbe interessante sviluppare logiche che, da una parte, esprimano dei vincoli reali "eterni", per esempio le tre dimensioni, e, dall'altra si confrontino col significato reale di evoluzione e quindi con l'importanza degli eventi e delle loro successioni.

Enzo Tiezzi



**RICCARDO M. PULSELLI** - [pulselli@unisi.it](mailto:pulselli@unisi.it)

**VALENTINA NICCOLUCCI** - [niccolucci@unisi.it](mailto:niccolucci@unisi.it)