

ONTOLOGIE SPAZIALI NELLA COSTRUZIONE DI GIS NELLA VALUTAZIONE  
AMBIENTALE STRATEGICA

Dott. Giampiero Lombardini<sup>1</sup>

**SOMMARIO**

Nella costruzione di metodologie valutative in campo ambientale, sempre maggiore importanza rivestono i sistemi informativi che su base spaziale organizzano conoscenza sia dal lato della rappresentazione del territorio (usi del suolo, dinamiche insediative, prescrizioni normative) che dal lato della rappresentazione dell'ambiente (componenti ambientali - espresse normalmente attraverso set di indicatori -, fattori di criticità, vulnerabilità, ecc.).

La complessità dei quadri conoscitivi, che devono rappresentare all'interno di un'unica logica informativa di tipo spaziale fenomeni assai diversi, può essere implementata utilmente attraverso l'impiego di strutture di tipo ontologico, dove, a monte della costruzione delle basi dati, viene costruita la struttura logica attraverso cui rappresentare i diversi fenomeni.

In un processo valutativo nel quale il confronto spaziale tra evoluzione del quadro ambientale e scelte sugli usi del suolo (anch'esse di natura eminentemente spaziale) deve essere costante, il passaggio dalle carte ambientali (compresa quella delle criticità / opportunità) agli indicatori è possibile attraverso la stessa metodologia GIS.

La metodologia GIS basata su ontologie, consente quindi di considerare le tre componenti che entrano in campo nella fasi valutative (spaziale, relazionale e temporale) nell'ambito di uno un unico processo e strumento.

---

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Stradone Sant'Agostino 37, 16122, Genova, e-mail: g.lombardini@arch.unige.it

## Introduzione

Se definiamo il complesso delle pratiche che contribuiscono alle trasformazioni dell'ambiente fisico della città come sistema di produzione territoriale, il sistema della pianificazione urbanistica può essere definito come l'insieme delle pratiche di governo (nelle loro dimensioni progettuali, giuridiche e tecniche) che, attraverso l'attribuzione degli usi del suolo (*zoning*), interagisce e tenta la regolazione di tale sistema di produzione territoriale (Mazza, 2004). Funzione principale del piano urbanistico di livello comunale è quindi quella del governo delle trasformazioni del territorio attraverso l'attribuzione formale degli usi dei suoli, in cui vengono stabilite differenti regole in merito alla potenziale edificazione ed alla realizzazione di infrastrutture e servizi. La valutazione degli esiti ambientali di tale processo di governo e regolazione quindi deve tenere in considerazione le caratteristiche tecniche ed operative entro cui un piano urbanistico svolge la sua funzione che in questo caso hanno una irriducibile dimensione spaziale. La regolazione urbanistica avviene organizzando lo spazio attraverso l'apposizione su di esso di griglie (che possono avere natura economico-operativa: Mazza, 2007; simbolica: Rykwert, 2002; morfologico-progettuale: Piroddi, 2000) e l'assegnazione localizzata di funzioni e densità d'uso.

La costruzione delle regole (potenziali) attraverso le quali si dovrebbe (o meglio: si vorrebbe) organizzare la città futura necessita comunque preliminarmente di un processo di elaborazione e strutturazione di conoscenze spaziali, in base alle quali sono poi effettuate le scelte del piano in merito alle trasformazioni ammissibili. In tale contesto, la maggior parte di studi, analisi e conoscenze hanno riferimenti geografici che si rapportano in modo più o meno diretto agli usi dei suoli.

D'altra parte, la dimensione strategica e programmatica è sempre più presente nella pratica di costruzione del piano urbanistico, favorendo in questo modo un processo di integrazione tra progetto dello spazio (*urban design*) e costruzione di politiche spaziali, facendo confluire la pratica della costruzione del piano urbanistico nell'alveo dello *spatial planning* (Albrecht L. et al., 2003; Faludi 2000).

Ne consegue che anche la descrizione dello stato dell'ambiente (presupposto ad ogni successivo processo di valutazione) debba avere sia un riferimento diretto con gli usi dei suoli esistenti e già assegnati dai piani vigenti di diverso livello e cogenza, sia con le possibilità / opportunità di una loro trasformazione che possono derivare da percorsi strategici di governance dei processi di produzione territoriale.

Così, mentre la costruzione dei quadri conoscitivi sugli aspetti urbanistici ed insediativi prelude alla mappatura "normativa" degli usi dei suoli, la descrizione dello stato dell'ambiente dovrebbe essere formulata in modo da preludere ad una mappatura "valutativa" degli usi dei suoli.

### *1.1 Le relazioni tra ambiente e territorio*

La VAS si pone nel processo di formazione di un piano urbanistico come un momento di verifica del rapporto tra azioni umane riferite alla forma urbana e lo stato dell'ambiente: un rapporto che da tempo è entrato in crisi per la diversità dei tempi biologici rispetto ai tempi scanditi dai sistemi tecnologici (Tiezzi, 2005).

Per giungere ad una valutazione degli effetti delle potenziali trasformazioni d'uso dei suoli determinate dagli obiettivi e dalle azioni del piano (azioni che trovano la loro applicazione nelle norme di attuazione del piano), il primo passo è stato quello di rappresentare il sistema delle relazioni di reciproca influenza tra il sistema naturale ed il sistema insediativo, che rappresenta la forma fisico-spaziale in cui si materializzano sul territorio le componenti socio economiche di una comunità urbana. Entrambi i sistemi sono legati, fra le altre, anche da relazioni di tipo spaziale, in quanto gravano sullo stesso ambito geografico.

In primo luogo, quindi, si sono considerati gli elementi originari dell'ambiente naturale il cui stato è rappresentabile attraverso gli elementi naturali primari (aria, acque, suolo, vegetazione) che possono essere definiti e descritti attraverso la loro costituzione chimica fisica e biologica. In secondo luogo, si sono considerate le attività umane, le azioni ad esse conseguenti e gli spazi in cui sono esercitate come fattori appartenenti alla sfera del territorio. Entrambi i sistemi (ambientale ed insediativo) sono strutturati secondo componenti che ne definiscono lo stato, fattori che ne determinano il mutamento e la trasformazione ed elementi, infine, che li descrivono in termini di valore (McHarg, 1969). Le alterazioni indotte nei confronti del sistema naturale da parte di azioni antropiche, così come le cause che le provocano sono misurabili in termini quantitativi (variazione delle qualità e delle quantità fisiche in gioco), mentre variazioni degli elementi cui si attribuisce un valore sono misurabili in termini qualitativi, secondo logiche sfumate, dove spesso un ruolo determinante è giocato dal ragionamento di senso comune (Besio, 2009).

In questo quadro, le componenti dell'ambiente naturale sono l'aria, le acque, il suolo e la vegetazione, i fattori di mutamento, assumono il carattere di quello che nella letteratura scientifica ambientale viene definito impatto e fanno riferimento al cambiamento climatico, all'inquinamento dell'aria e dell'acqua, all'inquinamento dei suoli, all'insieme dei dissesti idrogeologici e alla vulnerabilità idraulica, alla perdita di salute dei sistemi agro-forestali, al consumo di risorse non rinnovabili. I valori riconosciuti all'ambiente naturale sono la biodiversità e il paesaggio naturale, considerato nella sua dimensione ecosistemica.

Le componenti dell'ambiente antropico sono invece costituite dalle categorie d'uso dei suoli: residenza, luoghi della produzione e dello scambio, sistema della mobilità e delle comunicazioni, sistema dei servizi alla comunità. I fattori di mutamento sono rappresentati dai processi che generano traffico, riscaldamento (con conseguente utilizzo e spreco di energia e produzione di inquinanti), reflui domestici ed industriali, percolato da discariche, rifiuti

domestici ed industriali, rumore, elettromagnetismo, consumo di risorse rinnovabili e non. I valori sono rappresentati dall' economia, la salute, la cultura, il paesaggio inteso come sedimentazione storica delle relazioni tra la comunità insediata ed il suo ambiente naturale.

### *1.2 La rappresentazione delle componenti ambientali*

Nella valutazione le conoscenze ambientali sono messe a confronto con gli elementi strutturali e progettuali del piano. Le conoscenze, tuttavia, non sono neutrali nei confronti della valutazione degli effetti prodotti dal piano sull'ambiente; questo, d'altra parte, comporta azioni diversificate e che non alterano in maniera omogenea il territorio comunale. Alcune operazioni preliminari, di attribuzione di valore alle conoscenze e di distinzione delle trasformazioni in funzione degli effetti che possono produrre, costituiscono il presupposto indispensabile per la valutazione. Ai fenomeni ambientali analizzati è associata un'ontologia che stabilisce categorie e classi di valore nei confronti della sostenibilità ambientale. Sono privilegiati gli elementi del piano che hanno efficacia operativa; le trasformazioni previste sono distinte in funzione della natura degli interventi previsti e della loro importanza.

I documenti internazionali e nazionali, che indirizzano e normano la redazione della VAS, e molta letteratura di settore sottolineano come la procedura VAS, per essere realmente efficace, debba integrarsi con i processi di formazione dei piani e programmi cui si applica (Colombo et al., 2008; Dalal-Clayton, 2005; Fischer, 2005; Therivel, 2004). L'integrazione ha il vantaggio di agevolare la valutazione degli effetti che le trasformazioni previste dai piani urbanistici potrebbero avere sulle componenti ambientali, facilitando i confronti.

Nel caso del piano urbanistico di livello comunale, l'integrazione riguarda sia la costruzione delle conoscenze che la definizione degli obiettivi. La formulazione di conoscenze è richiesta, nella formazione dei piani urbanistici, per fornire supporto alle decisioni sulle possibili trasformazioni, nella redazione della VAS, per formulare valutazioni in merito allo stato dell'ambiente. In questo senso, la VAS si deve considerare un vero e proprio strumento di supporto alla decisione (Geertman, S. and Stillwell, J. 2003, Brail R. K., Klosterman R. E. 2001). Gli obiettivi dei piani urbanistici riguardano la trasparenza e la coerenza delle politiche di governo del territorio (Gabellini, 2010), mentre quelli della VAS comportano un orientamento chiaro verso la sostenibilità ambientale (Register, 2006; Sassen, 2009, Shmelev, 2009).

Onde rappresentare l'ambiente in modo mirato quindi rispetto ai possibili effetti / impatti di un piano urbanistico, si è ritenuto utile partire da una disarticolazione dei diversi tematismi ambientali.

Affinché l'analisi ambientale non sia fine a se stessa, le diverse componenti ambientali devono essere messe in relazione con l'insieme degli impatti (reali o potenziali, diretti o indiretti) che le attività umane esercitano sull'ambiente stesso.

Perciò, ad un livello di massima generalità, sono state dapprima considerate le variabili esogene al sistema ambientale, costituite dalle dinamiche antropiche, riassumibili nelle loro componenti demografica e socio-economica.

Le attività umane, nella loro dislocazione spaziale (distribuzione sul territorio di popolazione – sistema insediativo -, attività e funzioni economiche e sociali, infrastrutture, servizi per le famiglie e la collettività) impattano direttamente sull'ambiente che, in prima istanza, può essere scomposto nelle sue quattro componenti fondamentali: aria, acque, suolo<sup>2</sup> ed ecosistemi (sistemi vitali o, utilizzando una terminologia derivata dall'ecologia, biomi). Ma le attività umane si caratterizzano anche per la produzione di sistemi di azioni ad effetto alterante. Agenti fisici (rumore, elettromagnetismo, ecc.), energia, rifiuti, mobilità, sono il portato di sistemi di azioni che una collettività esercita sul territorio e che finiscono con l'impattare (seppure indirettamente) sulle componenti ambientali primarie.

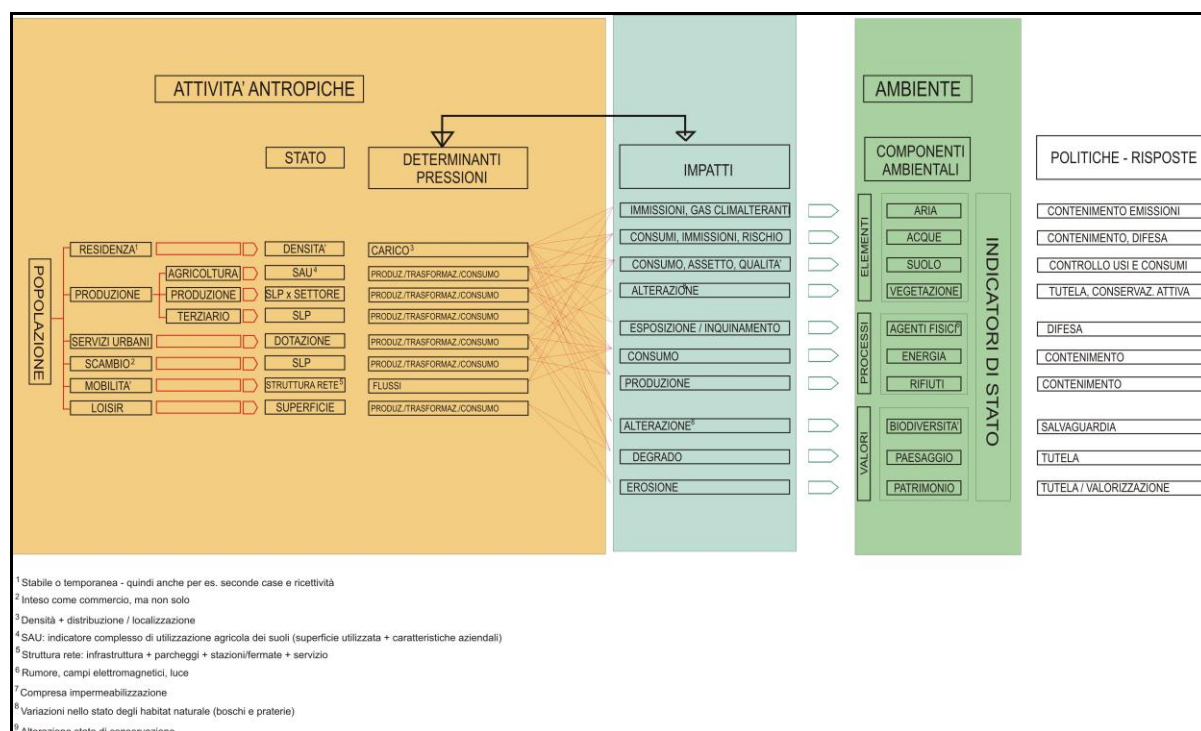


Fig. 1 – Il modello logico delle relazioni tra ambiente naturale ed ambiente antropico

Il quadro delle analisi ambientali, prendendo spunto da questo modello logico, si suddivide pertanto in due grandi ambiti: lo studio delle componenti ambientali vere e proprie e lo studio

<sup>2</sup> Per **suolo** si intende un sistema che è al contempo supporto fisico per le attività umane (dovendo in questo senso garantire precise prestazioni in termini meccanici), come elemento di difesa dalle acque (difesa del suolo nel senso della pianificazione di bacino), come ricettore (di acque e di sostanze) e infine come risorsa (estrazione di materie prime, supporto alle attività agricole, disponibilità spaziale per le funzioni umane, ecc.)

dei fattori ad incidenza ambientale (componenti ed agenti fisici) causati dall'esplicitarsi nel territorio delle attività umane.

In particolare, si possono attribuire a ciascuno di queste componenti dei tematismi ambientali specifici:

<i>COMPONENTI AMBIENTALI</i>	<i>TEMI AMBIENTALI</i>
Aria	Qualità dell'aria Clima (effetti climateranti delle azioni antropiche, Kyoto, ecc.)
Risorsa idrica	Rete idrografica (acque superficiali e sotterranee) Corpi idrici marini
Suolo	Stabilità (stabilità e sicurezza rispetto a fenomeni alluvionali o simili) Contaminazione Utilizzi
Ecosistemi (biomi)	Mosaico vegetazionale, zone umide, habitat, fauna SIC e reti ecologiche
<i>FATTORI ANTROPICI AD AZIONE ALTERANTE</i>	<i>TEMI AMBIENTALI</i>
Energia	Consumi energetici Risparmio energetico Fonti rinnovabili Impatti indiretti: sull'aria, sulle acque
Agenti fisici	Rumore Campi elettromagnetici Inquinamento luminoso
Trattamento acque	Servizio idrico Servizio di depurazione Impatti indiretti: sulle acque
Rifiuti	Rifiuti urbani (produzione, differenziata) Stoccaggio e trattamento (discariche, isole ecologiche, Racee, compostaggio) Rifiuti speciali e pericolosi Impatti indiretti: sull'aria, sul suolo, sulle acque
Mobilità	Spostamenti e accessibilità Trasporto pubblico Infrastrutture Impatti indiretti: sull'aria, sul suolo
<i>ELEMENTI ANTROPICI SISTEMI DI VALORE</i>	<i>TEMI AMBIENTALI</i>
Patrimonio culturale	Paesaggio Patrimonio culturale

*Tabella 1 – Componenti e temi ambientali*

### *1.3 La rappresentazione dei contesti ambientali*

Le carte dei contesti intendono esplicitare le diverse fasce che caratterizzano l'area di studio: la regione urbana compatta e densa, la regione del perturbano / rurale e l'area della naturalità, a queste si aggiunge la fascia costiera che per le sue caratteristiche morfologiche e biologiche riveste un ruolo chiave nei processi dell'ecosistema marino vero e proprio e svolge nel contempo funzioni urbane irrinunciabili costituendo il luogo di più facile accesso, per tutte le categorie di utenti a fini ricreativi e di tempo libero.

I contesti ambientali, seguendo i criteri descritti precedentemente, rappresentano significative espressioni del rapporto tra uomo e natura, che si manifesta territorialmente nelle forme

dell'insediamento in rapporto all'uso del suolo. In base a questo una prima discriminante scelta per suddividere il territorio tra edificato e spazio aperto è rappresentata dalla valutazione della variazione di densità dell'insediamento (del costruito) per individuare i valori di soglia che differenziano un contesto dall'altro. In un secondo momento all'interno della categoria "spazi aperti" vengono valutate le diverse forme di uso del suolo per individuare il contesto rurale e il contesto naturale.

I contesti ambientali, seguendo i criteri descritti, rappresentano significative espressioni del rapporto tra uomo e natura, che si manifesta territorialmente nelle forme dell'insediamento in rapporto all'uso del suolo. Per effettuare la prima suddivisione tra edificato e spazio aperto viene scelto di valutare la variazione della densità dell'insediamento per individuare i valori di soglia che differenziano un contesto dall'altro. All'interno degli spazi aperti vengono poi valutate le diverse forme di uso del suolo. A queste analisi di tipo descrittivo è stata affiancata una lettura degli strumenti normativi o di piano di livello sovraordinato al fine di verificare la coerenza tra i contesti individuati e le finalità normative con cui si guarda al territorio comunale. Il lavoro di individuazione dei contesti è stato effettuato attraverso la costruzione di un GIS che sia di supporto per l'elaborazione della VAS.

Partendo dall'analisi dei soli oggetti costituenti l'edificato (sulla base della carta tecnica regionale), si è costruita una metodologia volta a classificare in modo automatico (attraverso tecniche di analisi spaziale implementate attraverso il GIS) le diverse forme del costruito presenti sul territorio caratterizzate da diversi livelli di consistenza e densità. Il metodo si è basato sull'utilizzo delle funzioni di buffering interne al GIS, per riconoscere diversi gradienti di densità dell'urbanizzato. Le distanze di pertinenza imposte ai singoli manufatti edilizi ha consentito di catturare in un unico indicatore sintetico sia il fattore contiguità che il fattore densità. Questi due parametri concorrono a definire tre fasce distinte: l'urbanizzato denso e compatto, il rurale-periurbano e le aree a bassa densità e forte connotazione naturale.

L'utilizzo dei buffer con fascia di pertinenza pari a 25 metri ha consentito di disegnare la prima linea di demarcazione tra la città densa e il periurbano rurale; l'utilizzo dei buffer con fascia di pertinenza pari a di 100 metri ha consentito invece di individuare il confine tra questo e le aree esterne a questo contesto che per esclusione, la costituiscono fascia del territorio naturale.

Per quanto riguarda la delimitazione del contesto costiero il margine verso il centro urbano è definito dal confine costituito dalla linea definita come il limite dal quale si percepisce visivamente il mare, mentre il margine verso il mare è costituito dalla sommatoria dei confini dei vari fenomeni rappresentati nei diversi livelli informativi disponibili.

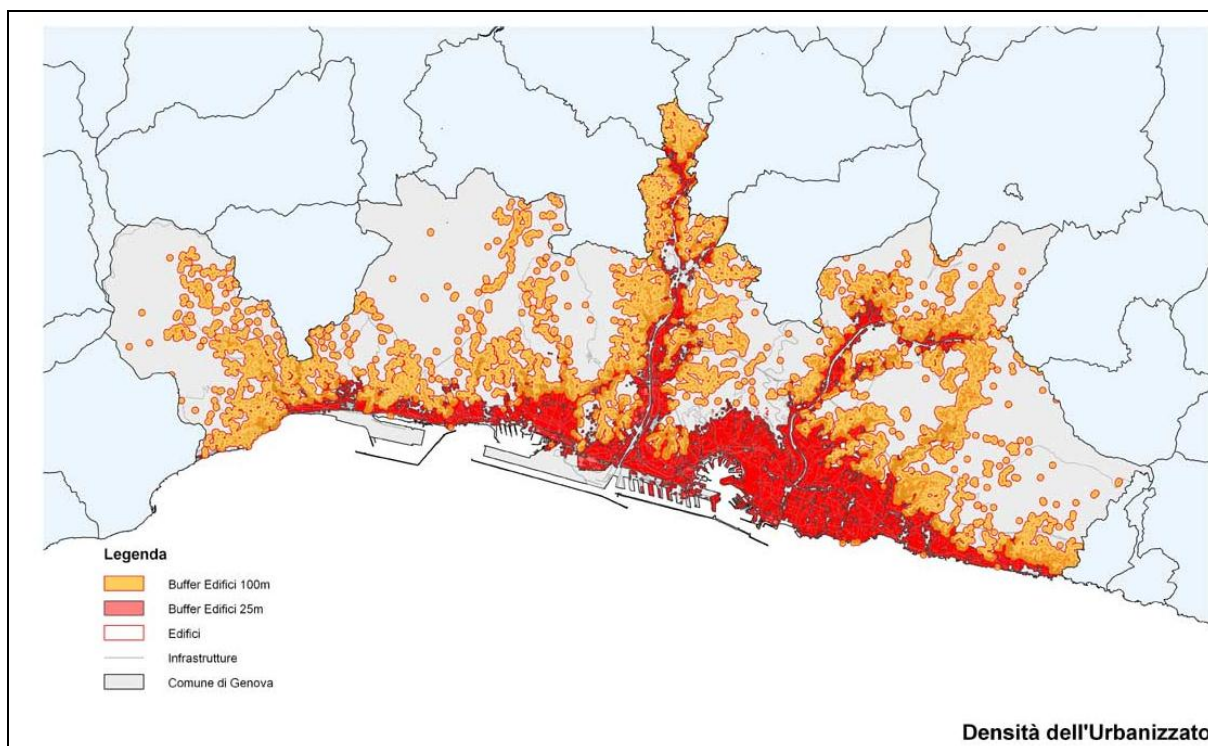
A queste analisi di tipo deduttivo è stata affiancata una lettura delle fonti informative e normative al fine di verificare la coerenza tra i contesti individuati e le finalità normative con cui si guarda al territorio comunale.

Nel caso di studio costituito dall'area del Comune di Genova, le fonti utilizzate sono state di due tipi: dati georiferiti concernenti gli assetti e gli usi dei suoli (sistema conoscitivo) e i dati ricavabili dagli strumenti di pianificazione vigenti (sistema normativo), che incorporano al loro interno conoscenza relativa allo stato del territorio. Per comporre quindi la carta dei contesti ambientali alla scala comunale, sono state selezionate come prime fonti descrittive: la carta tecnica regionale, la carta degli usi del suolo, la carta catastale (con le relative informazioni circa le destinazioni d'uso dei suoli), la carta del paesaggio elaborata nell'ambito degli studi del piano urbanistico comunale del 2000. Le fonti normative sono state invece il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (assetto insediativo), la carta della Rete Natura 2000 (zone Sic e Zps), il piano territoriale provinciale, la "Linea Verde" (individuata con apposita delibera comunale come atto propedeutico alla formazione del piano urbanistico), il perimetro del centro abitato secondo i criteri di legge aggiornato.

Il contesto urbano è stato individuato attraverso il calcolo di un gradiente di densità dell'urbanizzato (indicatore sintetico di densità e contiguità costruito con funzione di buffering del GIS a 25 mt). Gli areali ottenuti sono stati poi confrontati con il perimetro della "linea verde", e con il perimetro che individua, a termini di legge, il centro abitato.

L'areale esterno al contesto urbano individua, per differenza, l'area del contesto rurale. Tale area interna ai confini comunali è caratterizzata da una differente soglia di densità dell'insediamento e quindi dalla prevalenza di spazi aperti. La consistenza del costruito è stata rilevata attraverso l'applicazione di un buffer di 100 mt sull'edificato, che cattura la minor densità insediativa ma al contempo disegna una continua presenza antropica su questa parte di territorio. Questa analisi spaziale è stata successivamente confrontata con i tematismi della carta del paesaggio che individuano attraverso altri parametri (reticolo delle percorrenze, presenza di terrazzamenti o altre sistemazioni dei suoli, configurazioni di destinazioni d'uso) una presenza antropica che storicamente era alla base della produzione agricola periurbana e che nel corso del tempo ha cambiato i suoi caratteri per divenire area urbana a bassa densità. Infine gli areali così individuati sono stati confrontati con il livello sovraordinato pianificatorio dell'assetto insediativo del piano territoriale di coordinamento paesistico. Il contesto rurale si caratterizza perciò perchè coniuga la presenza insediativa rada ma strutturata con un sistema di spazi aperti o coltivati o a copertura vegetale, che tendono in ogni caso a formare un ambito insediativo unitario.





*Fig. 2 – L'analisi spaziale del costruito*

L'areale degli spazi aperti a cui vengono sottratti gli spazi antropizzati propri del contesto urbano sommati a quello rurale viene definito come contesto naturale. Qui prevalgono la copertura forestale e prativa e le aree di protezione ambientale, mentre insediamento e infrastrutture si presentano scarsi o nulli. Questo areale è stato confrontato con l'uso del suolo (dati Corine Land Cover) e, come sistema conoscitivo di tipo normativo con il livello sovraordinato pianificatorio dell'assetto insediativo del piano territoriale di coordinamento paesistico oltre che con le aree di tutela ambientale (SIC e ZpS).

La linea di costa che si sviluppa nel territorio del comune di Genova è un elemento particolarmente vulnerabile che presenta sia aspetti ecologici ambientali che economici-funzionali. I corsi d'acqua costituiscono corpi idrici a regime permanente o torrentizio che contribuiscono, con il loro trasporto solido, ad alimentare i sedimenti delle spiagge. Una significativa percentuale della linea di costa è occupata da strutture portuali ed è quindi completamente artificializzata nel senso che su di essa non agiscono processi naturali evolutivi. Oltre a questi, un diverso tipo di artificializzazione è quello dato dalle strutture che fissano in qualche modo la linea di riva, come le strutture di contenimento delle infrastrutture stradali o ferroviarie o manufatti costruiti a fini di sfruttamento turistico - balneare. Questa tipologia è particolarmente diffusa sulla costa orientale di Genova, rappresentati dalle opere rigide quali basamenti, cordoli, fondazioni, piscine ed interrati. I fondali marino - costieri dell'area caratterizzato da rilievi montuosi presentano, come del resto gran parte dei fondali liguri, una grande varietà di habitat e popolamenti.

#### *1.4 Il modello logico per la rappresentazione delle componenti ambientali*

Nell'ambito delle discipline ambientali (e più in generale in quello delle "scienze della vita") si pone spesso il problema della conoscenza certa dei fenomeni naturali. Mentre infatti da un lato i metadati raccolti secondo le procedure delle scienze sperimentali appaiono certi nella loro definizione e misurazione quantitativa, la rappresentazione dei fenomeni naturali complessi di cui quei dati costituiscono la base, appare spesso incerta e sfocata. Se poi occorre una rappresentazione geografica dei fenomeni, ci si accorge che sovente essi hanno natura incerta anche relativamente alla loro dimensione spaziale (ossia i confini che li caratterizzano sono anch'essi incerti e variabili nel tempo). Sussiste inoltre il problema di porre in relazione sia i diversi dati tra loro perché un fenomeno naturale sia compiutamente rappresentabile, sia le diverse basi dati di fenomeni naturali diversi che però si influenzano reciprocamente (ad esempio i dati circa le emissioni di inquinanti in atmosfera sono certi in quando direttamente misurabili e misurati, il fenomeno "inquinamento atmosferico" appare di assai più incerta definizione, dal momento che le relazioni e interrelazioni con altri fenomeni appaiono sfocate e i perimetri entro cui il fenomeno si rileva sono incerti e variabili nel tempo).

Nella costruzione di sistemi informativi ambientali può quindi essere di ausilio l'apporto dei modelli logico-computazionali che in informatica vengono definiti "rappresentazione della conoscenza". Esempi in questo senso sono costituiti dalle reti semantiche o dai frames (Brachman, 1985). Negli ultimi anni hanno preso campo i modelli logici basati su ontologie. In informatica, una ontologia rappresenta una specifica formale ed esplicita di una concettualizzazione condivisa (Guarino, 1998). La "specificità di una concettualizzazione" consiste nella descrizione della conoscenza che abbiamo di un certo dominio, tramite classi, relazioni fra classi e individui appartenenti a classi. La qualità "esplicita" significa che le classi, le relazioni fra classi e gli individui appartenenti a classi sono sconosciuti, anziché falsi o sbagliati, se non sono definiti e dichiarati esplicitamente. Inoltre, "formale" implica che l'ontologia sia comprensibile dalle macchine. Da ultimo, "condivisa" significa che l'ontologia cattura conoscenza consensuale e concordata da un gruppo, non solo individualmente.

Le ontologie permettono di rappresentare dati semi-strutturati. Contrariamente ai dati strutturati che sono memorizzati secondo un formato rigido, come le tuple delle tabelle di un "modello entità/relazione", quelli semi-strutturati vengono rappresentati tramite strutture a grafo o ad albero che presentano la potenzialità di variare rispetto a uno schema assegnato. Ad esempio possono mancare alcuni attributi, cioè alcuni rami della struttura ad albero, poiché l'ordine di schema associato permette un alto grado di libertà di aderenza in termini di completezza e battitura. Questo schema inoltre può rimanere implicito per una parte dei dati e richiedere una definizione a posteriori. Infine, a causa delle esigenze di gestire l'eterogeneità

dei dati, risulta spesso molto più esteso e variabile nel tempo se comparato con gli schemi dei database relazionali.

Gli elementi base di ogni modello logico basato su ontologie sono i concetti e i ruoli. I primi costituiscono le classi, i secondi sono usati per specificare le proprietà delle classi. Ogni concetto è interpretabile come un sottoinsieme del dominio di interpretazione (l'insieme delle istanze del concetto), mentre ogni ruolo è interpretabile come la relazione binaria su quel dominio (Levy, 2000).

Nel caso in esame, il modello ontologico ha permesso di passare dai meta-dati elementari (indicatori primari di fenomeni naturali di natura complessa) a strutture semantiche di dati che hanno permesso di rappresentare in forma spaziale le diverse componenti naturali, secondo una schema che per ogni componente ha individuato gli elementi caratterizzanti la componente ambientale (struttura), i fattori di rischio (connessi alla natura del fenomeno analizzato), le alterazioni possibili che possono essere indotte dalle attività umane, i valori assegnati ad un determinato stato ambientale del fenomeno analizzato. Il modello ontologico, nella strutturazione di conoscenza, porta come esito conclusivo alla costruzione delle carte tematiche ambientali che, per la forma con cui sono costruite, possono essere utilizzate come indicatori spaziali complessivi.

I caratteri strutturanti di ciascuna componente ambientale sono stati ricostruiti attraverso un modello ontologico che per ogni punto della mappa geografica ha individuato le classi di appartenenza a determinate caratteristiche ambientali (attraverso relazioni logiche del tipo “appartiene a”, oppure “è parte di”). Ciascuna classe è stata definita da una serie di attributi quali-quantitativi. Il modello ha consentito poi, al suo stesso interno, di costruire la mappa dei fattori di rischio, che si ricava attraverso una serie di relazioni “if/then” dal modello concettuale dei caratteri ambientali del fenomeno. I fattori di rischio sono costituiti da fenomeni intrinseci alla singola componente ambientale che comportano rischi per la localizzazione di attività umane. Analogamente la carta dei valori è ottenibile attraverso relazioni “if/then” e definisce i casi in cui una particolare caratterizzazione della componente ambientale comporta l'attribuzione di valore ai fini della trasformabilità o insediabilità di un'area (avvicinandosi in questo caso al concetto di land suitability, ossia l'attitudine ad ospitare determinate funzioni: Goovaerts 1997). Infine, attraverso l'articolazione delle attività antropiche localizzabili sul territorio è possibile ricostruire la mappa delle possibili alterazioni che esse possono indurre sul territorio. Il modello ha il vantaggio di essere georiferito, aperto, in quanto è possibile affinarlo e migliorarlo anche ex post e di incorporare conoscenza, per le caratteristiche intensionali ed estensionali che definiscono oggetti, attributi e relazioni.

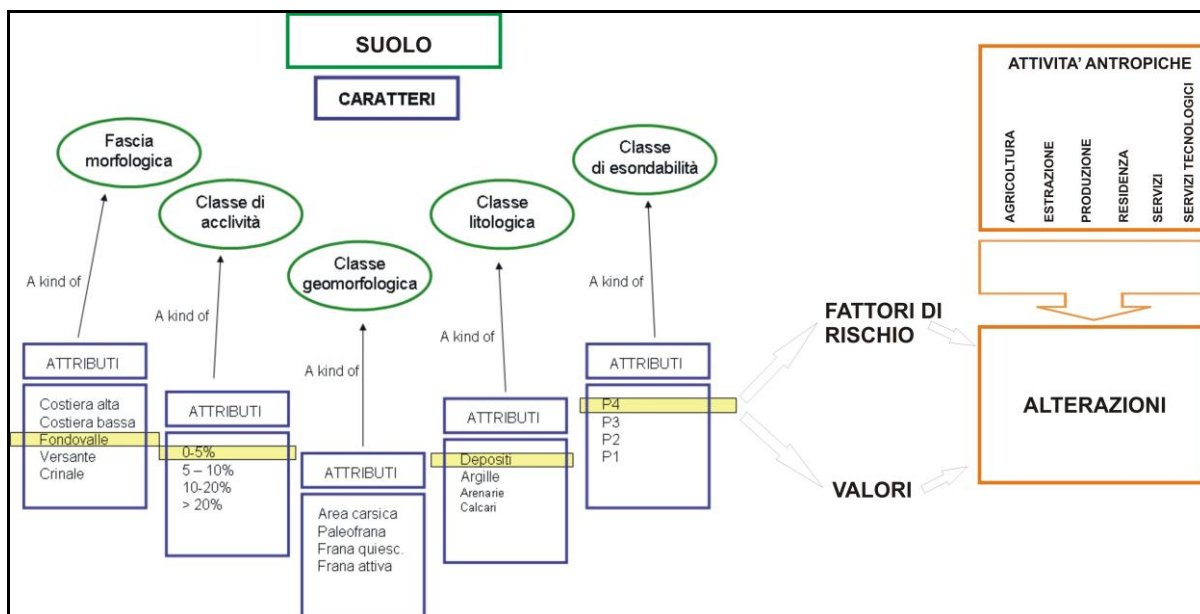


Fig. 3 – Modello ontologico di strutturazione della conoscenza: carta dei suoli

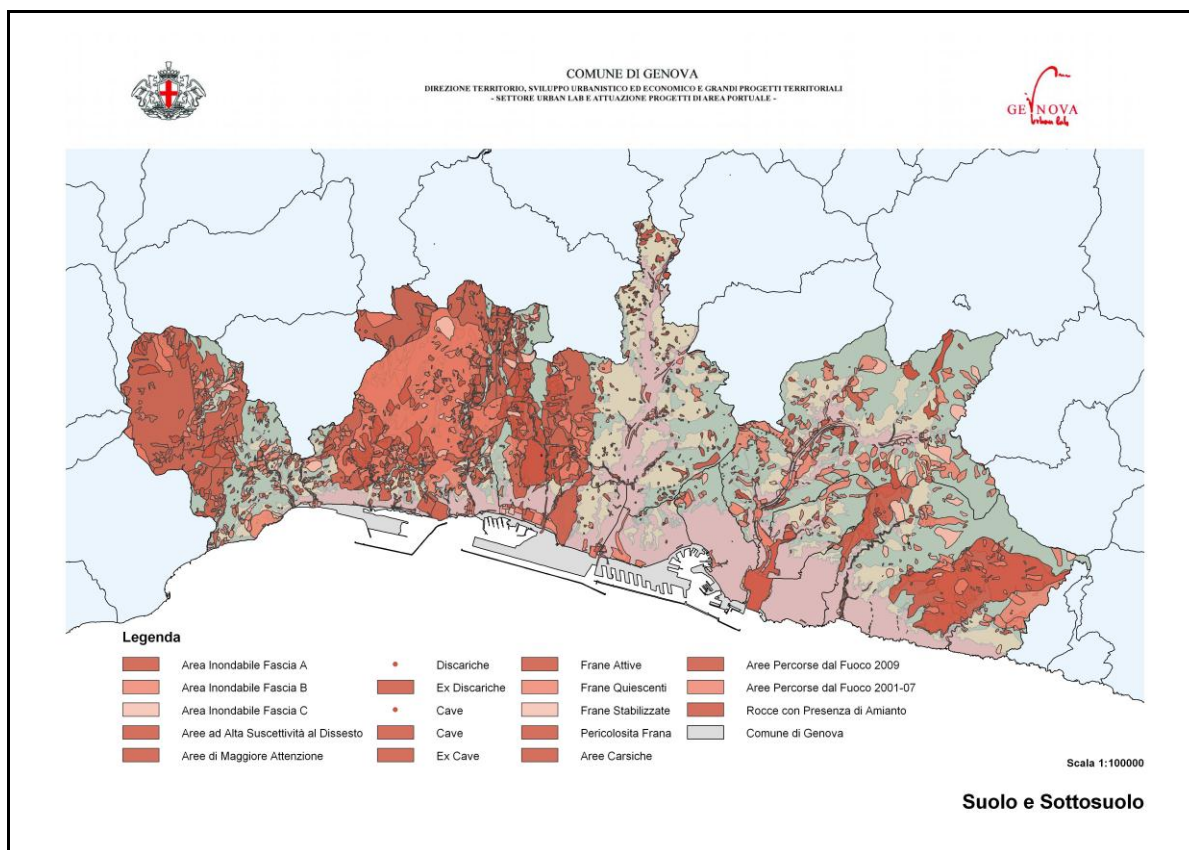


Fig. 4 – Carta della componente ambientale suolo

### 1.5 Le componenti ambientali nella valutazione: la carta delle criticità / opportunità

Una volta elaborate le carte delle componenti ambientali, si è costruita la base di conoscenza per la costruzione delle carte delle opportunità e delle criticità. Nella carta delle opportunità vengono selezionati tra i dati richiesti quelli riconducibili al concetto di Patrimonio e quelli riconducibili al concetto di Risorsa. In una prospettiva di sviluppo sostenibile la nozione di patrimonio inteso come “memoria collettiva, eredità storica” richiede una azione di conservazione per garantirne la trasmissione alle generazioni future. A questa dimensione sono pertanto riconducibili quegli elementi naturali o storico culturali che gli strumenti normativi urbanistici associano a un regime di tutela.

Il concetto di risorsa invece mette in connessione gli elementi di patrimonio territoriale con obiettivi economici e sociali attuali, individuando gli elementi ai quali è possibile assegnare un ruolo “attivo” nella costruzione di un percorso di sviluppo. Si possono quindi ricondurre a questa dimensione quella parte di dati naturali e urbani che rappresentano una potenziale risorsa sotto il profilo ambientale per lo sviluppo di un processo pianificatorio. Al concetto di patrimonio sono quindi riconducibili (e dedotte mediante metodologia GIS dalle carte delle componenti ambientali, attraverso opportuni filtri) le aree protette, i Siti di Interesse Comunitario (SIC), le Zone di Protezione Speciale (ZPS), gli elementi della rete ecologica, i beni archeologici, architettonici e paesaggistici riconosciuti meritevoli di tutela, le aree percorse dal fuoco, le zone carsiche. Al concetto di risorsa sono invece riconducibili gli acquiferi significativi, i punti di captazione delle acque, le reti del trasporto pubblico, gli interventi di riqualificazione e rigenerazione urbana, le aree produttive in disuso o aree di potenziale riconversione.

Per costruire la carta delle criticità i dati richiesti sono stati selezionati rifacendosi alla concetto di rischio, inteso come possibile pericolo gravante sulla popolazione da associare agli eventuali impatti negativi determinati da pressioni incidenti sul territorio. Sulla base di questa interpretazione concettuale è possibile individuare come criticità in primo luogo le aree sulle quali per le norme e gli strumenti urbanistici incidono rischi naturali o antropici, secondariamente le aree sulle quali incidono elementi territoriali tali da determinare un impatto che impone di mantenere una determinata distanza da essi. La carta delle criticità è quindi il risultato della rappresentazione strutturata dei rischi naturali (fasce di inondabilità, aree a elevata suscettività al dissesto, aree percorse da incendio); rischi antropici (che comprendono le aree di danno di stabilimenti a rischi rilevante, aree con problematiche di contaminazione, aree critiche della zonizzazione acustica, Aree critiche per emissioni in atmosfera, territori esposti ad inquinamento elettromagnetico); fasce di rispetto (che individuano acque superficiali, rispetto fluviale, infrastrutture ferroviarie e stradali, impianti tecnologici puntuali e lineari).



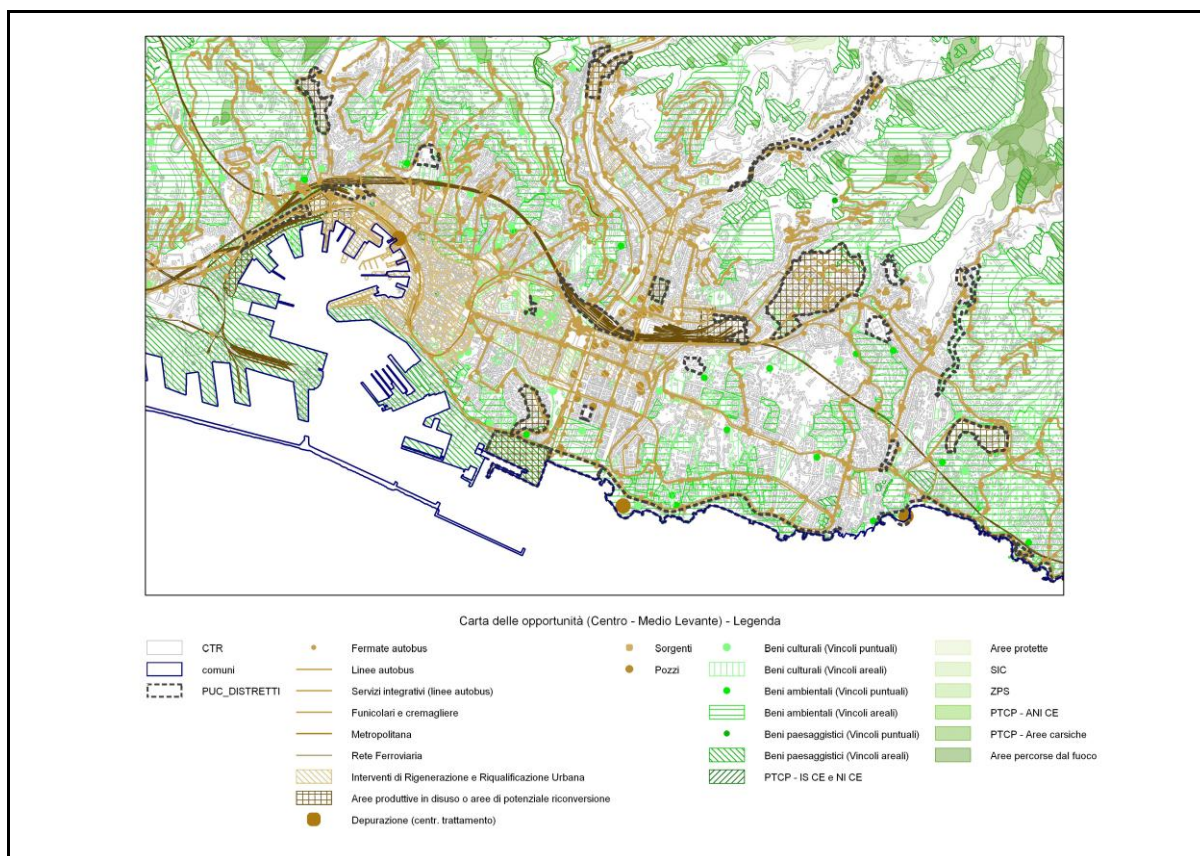


Fig. 5 – La carta delle opportunità (stralcio)

### 1.6 La carta delle opportunità / criticità strumento per la valutazione di coerenza localizzativa

La valutazione è stata effettuata per le porzioni di territorio per le quali vengono previste le trasformazioni più rilevanti (distretti di trasformazione) e per quegli ambiti nei quali è stata evidenziata una particolare criticità ambientale/territoriale. La finalità di questa fase è quella di determinare le condizioni e prestazioni che garantiscono la sostenibilità delle scelte del Piano e delle misure atte ad impedire eventuali effetti negativi o di quelle idonee a mitigare, ridurre o compensare gli impatti residui

Per ciascuno distretto di trasformazione, è stata elaborata una scheda di valutazione dove è stata illustrata una valutazione analitica o sintetica per ciascuna componente ambientale (aria, acqua, suolo e sottosuolo, vegetazione, agenti fisici di pressione ambientale, paesaggio e mobilità) evidenziando di volta in volta:

- lo stato
- l'impatto potenziale in termini di pressioni attese in seguito alle trasformazioni previste;
- condizioni sostenibilità, ossia le risposte che il PUC fa proprie per il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità enunciati che andranno a completare i contenuti delle Norme di congruenza della struttura del piano.

Le misure di sostenibilità che possono tradursi in previsioni localizzabili (protezione dagli inquinamento acustico, atmosferico ed elettromagnetico alla tutela degli habitat naturali etc.) sono riportate in modo indicativo in uno schema insieme all'indicazione territoriali previste, in modo da costituire riferimento per la progettazione sostenibile del distretto.

### 1.7 Conclusioni

La costruzione di un unico sistema logico descrittivo dei dati ambientali ha permesso di conseguire alcuni risultati. Il primo è stato quello della riduzione della complessità risultante da basi dati particolarmente estese. Il secondo è stato quello di poter controllare ad ogni passo della procedura l'insieme delle relazioni che legano tra loro fenomeni sì interrelati ma di difficile sintetizzabilità. Ha inoltre consentito di rendere confrontabili i dati sullo stato dell'ambiente (e le sue potenziali modificazioni) con i dati derivanti dalle scelte del piano urbanistico. Infine, ha permesso di organizzare la conoscenza del piano in modo tale da renderla rappresentabile spazialmente (aspetto fondamentale dal momento che la valutazione deve essere ancorata puntualmente allo spazio geografico).

## 2 Riferimenti bibliografici

- Albrecht L., Healey P. & Kunzmann K.R. (2003) "Strategic spatial planning and regional governance in Europe", *Journal of the American Planning Association*, 69(2) 113-129
- Bailey T., Gatrell A. (1995), *Interactive Spatial data Analysis*, Longman Scientific, London.
- Baker S., Kousis M., Richardson D., Young S., (1997), "Introduction: the theory and practice of sustainable development in EU perspective", in Baker S., Kousis M., Richardson D., Young S., *The Politics of Sustainable Development*, Routledge, London.
- Berke P. R., Conroy M. (2000), "Are We Planning for Sustainable Development?", *Journal of American Planning Association*, Vol.66 (1).
- Berry J. (1995), *Spatial Reasoning for Effective GIS*, Geoinformation, Fort Collin.
- Besio M. (2009), "A Cognitive Model for Environment and Landscape Project", in: Rabino G., Scarlatti F. (eds), *Planning, Complexity and New ICT*, Alinea, Firenze.
- Brachman RJ, Levesque HJ (1985), *Readings in knowledge representation*, Morgan Kaufmann, Los Altos
- Brail R. K., Klosterman R. E. (eds), (2001), *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models and Visualization Tools*, ESRI Press, Redlands, CA.
- Dalal-Clayton B., (2005), *Strategic Environmental Assessment: a Sourcebook and Reference Guide to International Experience*, Earthscan, London.
- Faludi A., Salet W. (eds), (2000), *The revival of Strategic spatial planning*,: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam.

- Fischer T., (2005), *Theory and Practice of Strategic Environmental Assessment: Toward a More Systematic Approach*, Earthscan, London.
- Fotheringham S., Wilson J. (eds), (2008), *Handbook of Geographic Information Science*, Blackwell, Oxford, UK.
- Gabellini P. (2010), *Fare urbanistica. Esperienze, comunicazione, memoria*, Carocci, Roma.
- Geertman, S., Stillwell, J. (eds), (2003) *Planning Support Systems in Practice*, Springer, Berlin.
- Goovaerts, P., (1997), *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford Univ. Press, New York
- Guarino N. (ed.), (1998), "Formal Ontology in Information Systems", *Proceedings of FOIS'98*, Amsterdam, IOS Press.
- Hagen-Zanker A. (2006), "Map comparison methods that simultaneously address overlap and structure", *Journal of Geographic Information Science*, 17.
- Levy AY (2000) "Logic-based techniques in data integration", in: Jack Minker, *Logic-based Artificial Intelligence*, Kluwer Academic Publisher. Pagg. 575-595
- Maguire, D. J., Batty, M., Goodchild, M. F. (eds), (2005) *GIS, Spatial Analysis, and Modeling*, ESRI Press, Redlands, CA.
- Mazza L. (2004), *Piano, progetti, strategie*, Angeli, Milano.
- McHarg, I.L. (1969), *Design with Nature*, Garden City, Natural History Press, New York.
- Owens S., Cowell R. (2002), *Land and Limits: Interpreting Sustainability in the Planning Process*, Routledge, London.
- Piroddi E. (2000), *Le regole della ricomposizione urbana*, Angeli, Milano.
- Register R. (2006), *Ecocities: building cities in balance with nature*, New Society Publishers.
- Rikwert J. (2011), *The Idea of a Town: The Anthropology of Urban Form in Rome, Italy and the Ancient World*, Faber & Faber, London.
- Sassen S. (2009), "Cities are at the centre of our environmental future", in: *Sapiens* Vol.2 (3).
- Shmelev S. E., Shmeleva I. A. (2009) "Sustainable cities: problems of integrated interdisciplinary research", *International Journal of Sustainable Development*, Volume 12, Number 1, 2009, pp. 4 – 23.
- Therivel R. (2004), *Strategic Environmental Assessment in Action*, Earthscan, London.
- Tiezzi E., (2005), *Tempi storici, tempi biologici*, Donzelli, Roma.
- Tiezzi E. et al., (2011), *La soglia della sostenibilità*, Donzelli, Roma.
- Williams K., (2010), "Sustainable cities: research and practice challenges", *International Journal of Urban Sustainable Development*, Vol.1 (1-2).



## ENGLISH ABSTRACT

In evaluating the environmental knowledge is compared with the structural elements and design of the plan. To the environmental phenomena analyzed is associated an ontology that establishes categories and classes of value in respect of environmental sustainability.

Human activities, in their spatial location have a direct impact on the environment which, in the first instance, can be decomposed in its four basic components: air, water, soil and ecosystems. In the construction of environmental information systems the input use of logical and computational models in computer science, defined as "knowledge representation" can be very useful. Examples for this are made by semantic networks or frames (Brachman, 1985). In recent years the logical models based on ontologies spread. In computer science, an ontology is a formal and explicit specification of a shared conceptualization (Guarino, 1998). Ontologies allow to represent semi-structured data. In contrast with structured data that are stored in a rigid format, such as tuples of the tables in a "model entity / relationship", the semi-structured are represented by a tree graph or structures that have the potentiality to vary with respect to a pattern assigned. Finally, because of the requirements to handle the heterogeneity of the data, it is often much more extensive and variable in time when compared with the patterns of relational databases.

In the present case, the ontological model has allowed to pass from the meta-data elementary (primary indicators of natural phenomena of a complex nature) to semantic structures of data that allowed to represent in spatial form the different natural components, according to a scheme which for each component identified elements that characterize the environmental component (structure), the risk factors (related to the nature of the phenomenon), the possible alterations that may be induced by human activities, the values assigned to a specific environmental state of the phenomenon.

The characters of each component structuring the environment has been reconstructed through an ontological model for every point of the geographical map identified the classes; they belong to certain environmental characteristics (through logical relations like "a kind of", or "is part of"). Each class has been defined by a series of attributes such as-quantities. The model has allowed then to his own house, build a map of risk factors, which is obtained through a series of reports "if / then" statements from the conceptual model of the environmental features of the phenomenon. Finally, through the articulation of localized human activities on land can reconstruct the map of possible changes that they can induce the territory. The model has the advantage to be georeferenced, open, in that it is possible to refine and improve it also ex-post and to incorporate knowledge, for the characteristics which define intensional and extensional objects, attributes and relations.