

SISTEMI COGNITIVI DI SUPPORTO ALLA DECISIONE PER LA VALUTAZIONE DI  
SOSTENIBILITÀ DEI PIANI. IL TEMA “RIFIUTI” NELLA REGIONE TOSCANA.

Serena PECORI<sup>1</sup>, Annalisa SACCONI<sup>2</sup>, Luisa SANTINI<sup>3</sup> e Donatella ZOTTA<sup>4</sup>

L.I.S.T.A. Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Territoriali e Ambientali, Università di Pisa, Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Via Diotisalvi 2, 56126 Pisa

1 s.pecori@ing.unipi.it

2 a.sacconi@ing.unipi.it

3 luisa.santini@ing.unipi.it

4 donyzeta@tiscalinet.it

## SOMMARIO

Nella Regione Toscana, a cinque anni dalla pubblicazione delle “*Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali*” e a ridosso della recente pubblicazione delle “*Istruzioni Tecniche per la predisposizione, organizzazione, informatizzazione degli strumenti di pianificazione territoriale elaborati ai sensi della L.R. 5/95*”, le amministrazioni locali, sebbene siano in grado di fornire informazioni aggiornate sullo Stato dell’Ambiente, manifestano ancora la difficoltà a simulare e valutare scenari di possibili trasformazioni territoriali indotte dalle azioni dell’uomo e a cogliere le relazioni che si instaurano tra le componenti dei sistemi ambientali interessati. In questo contesto, la ricerca, di cui questo lavoro costituisce un primo stadio di avanzamento, ha l’obiettivo di individuare una metodologia per la costruzione di uno strumento di controllo e aiuto alle decisioni per la valutazione del livello di soddisfacimento degli obiettivi fissati dalle politiche e dagli strumenti di pianificazione. In particolare, si è affrontato il tema della raccolta, gestione e controllo dei rifiuti urbani nella regione Toscana, applicando strumenti di classificazione provenienti dal *Data Mining (Knowledge Discovery in Database, KDD)*, per ricavare “relazioni” significative tra la produzione dei rifiuti e le caratteristiche strutturali e socio-economiche della popolazione e delle attività dei 287 comuni della regione Toscana.

# 1 INTRODUZIONE

A cinque anni dalla pubblicazione delle *“Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali”* ai sensi della legge 5/95, la Toscana si trova in una fase in cui le amministrazioni provinciali stanno adeguando i propri Piani di Coordinamento Territoriale al Piano di Indirizzo Territoriale del 2000. Tuttavia a ridosso della recente pubblicazione delle *“Istruzioni Tecniche per la predisposizione, organizzazione, informatizzazione degli strumenti di pianificazione territoriale elaborati ai sensi della L.R. 5/95”* (approvate dalla Regione con Delibera N .1130 del 03-11-2003) e in previsione della prossima pubblicazione della *Riforma della Legge Urbanistica Regionale*, le amministrazioni provinciali lamentano ancora una grande difficoltà, da un lato ad implementare e rendere fattive le metodologie per la Valutazione Integrata dei Fenomeni (così come stabilita dalla riforma della stessa L.R. 5/95), e dall’altro a definire limiti e soglie adeguati a valutare e verificare la sostenibilità e la trasformabilità delle scelte di piano e le conseguenze delle azioni e delle politiche di pianificazione.

Attualmente, infatti, come risulta dall’analisi di diversi documenti (*Secondo rapporto sullo stato dell’ambiente della provincia di Livorno* la cui sintesi è stata pubblicata a dicembre del 2003; *Secondo rapporto sullo stato dell’ambiente nella provincia di Lucca* pubblicato ad aprile del 2004, *Elementi per la valutazione degli effetti ambientali nel comune di Pisa* del 1997, ecc.) si evince che, nonostante i problemi di misurazione delle variabili e di implementazione degli indicatori, gli enti locali sono spesso in grado di fornire, come previsto dalla L.R. 5/95, informazioni aggiornate sullo Stato dell’Ambiente, mentre più difficile risulta per questi enti simulare e valutare scenari di possibili trasformazioni territoriali indotte dalle azioni dell’uomo e cogliere le relazioni che si instaurano tra le componenti dei sistemi ambientali interessati.

Per quanto concerne la Valutazione Integrata dei fenomeni (introdotta dalla riforma della L.R. 5/95), sebbene la quantità di dati disponibili sia consistente, si riscontra una certa carenza sia nella qualità (es. disomogeneità spaziale e temporale, scarsa affidabilità delle fonti, non georeferenziazione, eccessiva aggregazione spaziale) sia nelle tecniche di analisi ed elaborazione, che risultano non più adeguate a trattare banche dati molto grandi (es. costruzione di indicatori unicamente statistici, non spazializzazione degli indicatori calcolati, ecc.). Tutto ciò rende manifesta la necessità di individuare nuove metodologie e nuovi strumenti avanzati in grado di determinare e valutare non solo lo stato delle componenti ambientali, ma anche gli effetti delle possibili sinergie tra le componenti stesse sia nello spazio che nel tempo (trend).

In questo contesto, la ricerca, di cui questo lavoro costituisce un primo stadio di avanzamento, ha l’obiettivo di individuare una metodologia per la costruzione di uno strumento di controllo

e aiuto alle decisioni per la valutazione del livello di soddisfacimento degli obiettivi fissati dalle politiche e dagli strumenti di pianificazione.

Infatti, all'interno dei Piani Urbanistici e settoriali vengono stabilite azioni, indirizzi e previsioni che devono essere tali da non contravvenire agli obiettivi di sostenibilità ambientale stabiliti a livello nazionale, regionale e provinciale: i vari Enti, a tutti i livelli, devono cooperare tra loro per il raggiungimento di tali obiettivi. Per quanto riguarda il livello comunale è stabilita (nel Capitolo 3 delle *Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali*) l'obbligatorietà per il Piano Strutturale comunale di “[...] contenere una serie di valutazioni di tipo strategico che tendono ad individuare le condizioni di compatibilità delle ipotesi di trasformazione rispetto alle risorse essenziali del territorio. Le fasi di valutazione strategica accompagneranno le fasi di formazione del piano interagendo con esse: dalla costruzione del quadro conoscitivo alla definizione delle scelte e degli indirizzi operativi” inoltre il PS [...] per ogni risorsa essenziale e per ciascun sistema o sub-sistema [...] dovrà fissare le regole di giudizio (criteri ed indicatori) che permettono di valutare gli effetti delle azioni di trasformazione sui sistemi ambientale, insediativo e socioeconomico, tenuto conto degli obiettivi da perseguire in quel sistema, sub-sistema [...], delle condizioni di vulnerabilità e riproducibilità delle risorse essenziali ivi presenti, dei relativi livelli di criticità, nonché delle relative condizioni d'uso.”

Risulta perciò chiaro che la valutazione del soddisfacimento degli obiettivi è strettamente collegata alla valutazione di sostenibilità delle azioni di Piano, motivo per cui si evidenzia la forte necessità di supportare le amministrazioni locali per quanto riguarda sia la misurazione gli indicatori necessari sia la definizione di opportuni criteri di giudizio.

In prima istanza, si è scelto di svolgere un'applicazione relativa alla tematica dei rifiuti urbani nella regione Toscana, facendo uso di strumenti di classificazione provenienti dal *Data Mining*, con i quali è possibile estrarre conoscenza da grandi basi dati.

In particolare si userà il *Knowledge Discovery in Database* (KDD), con l'intento di ricavare, dai dati tratti da un database costruito ad hoc, “relazioni” significative tra la produzione dei rifiuti e le caratteristiche strutturali e socio-economiche della popolazione e delle attività dei 287 comuni della regione Toscana. Tali “relazioni” potranno costituire valide informazioni aggiuntive che possano essere usate dagli enti locali sia per una più accurata scelta degli indicatori, sia come supporto alla pianificazione.

Riguardo all'articolazione di questo articolo, il secondo e terzo paragrafo contengono brevi cenni di inquadramento sul tema della Valutazione, con particolare riferimento alla Valutazione dei Piani e allo stato dell'arte della Pianificazione in Toscana, alla luce della Riforma della Legge Urbanistica Regionale; nel quarto paragrafo si affronta invece lo specifico caso di studio, che viene introdotto da una breve trattazione sulla vigente normativa e sui livelli di pianificazione relativi al tema di rifiuti; nel quinto paragrafo, infine, viene descritta la specifica applicazione condotta, illustrando dettagliatamente la metodologia e le

varie fasi, relative alla costruzione della base dati, alle sperimentazioni effettuate con lo strumento di classificazione ed infine all'analisi dei primi risultati.

## 2 LA VALUTAZIONE

Nella direttiva CEE 337/85, che introduce la procedura di *Valutazione di Impatto Ambientale* (VIA) riferita ai progetti di determinate opere che per natura, dimensione e ubicazione, sono ritenute produttrici di effetti negativi sull'ecosistema interessato, già si sosteneva la tesi dell'opportunità, di estendere la procedura anche ai piani e programmi disciplinanti l'uso del territorio. Questa tesi non fu presa in considerazione e ci si limitò a regolare le sole ipotesi di obbligatorietà della procedura di VIA, affidando alle autorità nazionali il compito di allargarne, eventualmente, il campo di applicazione. Anche la normativa italiana di attuazione della direttiva CEE si è mossa nella stessa direzione escludendo dal campo di applicazione della VIA i piani e i programmi.

Bisogna aspettare il 2001 per vedere entrare in vigore l'obbligo per gli Stati Membri di attuare la *valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente* (direttiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio). In questo modo la CE norma ciò che già era stato evidenziato nel Trattato costitutivo della stessa CE, ovvero che le “*esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione delle politiche e delle azioni comunitarie, in particolare nella prospettiva di promuovere lo sviluppo sostenibile*”, nel *Quinto Programma Comunitario di Politica ed Azione a favore dell'Ambiente e di uno Sviluppo Sostenibile* (“*per uno Sviluppo durevole e sostenibile*” GUC 138 del 17/05/1993), in cui si sanciva l'importanza di valutare i probabili effetti di piani e programmi sull'ambiente, nonché nella *Carta di Aalborg* (1994), in cui si legge “[...] *le città riconoscono l'importanza dell'adozione da parte degli enti locali di efficienti politiche di pianificazione dello sviluppo degli usi territoriali che comprendano una valutazione ambientale strategica di tutti i progetti.*”.

Sebbene l'Unione Europea non abbia previsto un impianto normativo che fissi i contenuti della *Valutazione Ambientale Strategica* (VAS), esistono già in Europa delle esperienze significative in questo senso. La stessa UE, ha predisposto diversi documenti utili per le amministrazioni, nazionali o locali, che abbiano intenzione di applicare la VAS. Tra questi documenti di notevole rilevanza le “*Linee Guida*” predisposte dalla DG XI della Commissione Europea relative alla riforma comunitaria dei fondi strutturali (Regolamento CE 1260/1999), nonché, in Italia, le “*Linee guida per la Valutazione Ambientale Strategica*” predisposte dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) nel maggio 1999. Poiché la VAS è una valutazione di piani e programmi, richiede che le questioni ambientali e quelle legate allo sviluppo sostenibile siano attentamente vagliate fin dallo stadio della programmazione, ciò per garantire che i risultati e le informazioni ottenute vadano a

vantaggio dei livelli di pianificazione successivi, riducendo i conflitti che si creano tra obiettivi economici e obiettivi ambientali, tradizionalmente percepiti come alternativi tra loro. In particolare la VAS si articola in tre fasi: la *valutazione ex ante*, che comporta la descrizione quantificata della situazione ambientale iniziale, la verifica di coerenza con le disposizioni volte a garantire il rispetto della normativa in materia di ambiente ed l'individuazione dei criteri e delle modalità per l'integrazione delle tematiche ambientali nei vari settori di intervento; la *valutazione intermedia*, con cui si prendono in considerazione i primi risultati degli interventi, la coerenza con la valutazione ex-ante, la pertinenza degli obiettivi e il grado di conseguimento degli stessi, mediante la predisposizione di indicatori ambientali; la *valutazione ex-post*, destinata ad illustrare l'impiego delle risorse, l'efficacia e l'efficienza degli interventi e del loro impatto e la coerenza con la valutazione ex-ante.

In altre parole, la VAS ha lo scopo di evidenziare la compatibilità degli obiettivi e delle strategie di piano con gli obiettivi e gli standards di mantenimento e valorizzazione delle qualità ambientali delle aree interessate, in funzione di quelli che possono essere i livelli di sensibilità o vulnerabilità.

## *2.1 La Valutazione dei Piani e l'uso degli Indicatori*

Da quanto detto precedentemente deriva che per far sì che la valutazione degli strumenti di pianificazione abbia esiti positivi, è necessario rifondare in senso ecologico la pianificazione, ossia ricercare una nuova forma di zonizzazione ambientale (biologica e ecologica) che tenga conto della chiusura dei cicli naturali, della capacità di carico, della vulnerabilità e dell'uso parsimonioso delle risorse ambientali (Scandurra, 1995).

La pianificazione territoriale deve, dunque, prescrittivamente e per tutte le scale di intervento, orientarsi verso la ricerca di modalità di uso delle risorse naturali che garantiscano la loro conservazione, riproduzione e corretta fruibilità. Per questo motivo alla base della pianificazione deve esserci una profonda analisi del territorio a tutti i livelli, non solo economici e sociali ma anche ambientali. L'analisi ambientale risulta spesso molto complicata a causa del gran numero di fattori che entrano in gioco e di componenti ambientali che vengono interessate dall'atto pianificatorio. Per questo motivo si ricorre all'uso degli indicatori. In particolare, gli indicatori di sostenibilità devono essere in grado di sintetizzare le relazioni tra il progresso economico, ambientale e sociale di una comunità. In quest'ottica possono essere individuati alcuni principi generali che costituiscano la base per la selezione di validi indicatori di sostenibilità.

Il principio di *eguaglianza ed inclusione sociale*, sostiene la necessità di garantire a tutti, o comunque ad un numero sempre maggiore di persone, l'accesso a servizi di base adeguati. Anche in relazione a *gestione locale, capacità di controllo e democrazia*, è possibile indicare

un principio per cui è necessario che tutti i settori della comunità locale partecipino alla pianificazione ed al processo decisionale locale.

La *relazione tra il livello locale e quello globale*, deve garantire il soddisfacimento delle necessità locali (produzione, consumo e smaltimento) e la sostenibilità delle esigenze che non possono essere soddisfatte localmente. Un principio di *economia locale* deve assicurare che le capacità e le necessità locali combacino con la disponibilità di posti di lavoro ed altri servizi, riducendo al minimo le minacce per le risorse naturali e per l'ambiente. La *protezione ambientale* ossia ridurre al minimo l'uso delle risorse naturali e del territorio, la produzione di rifiuti e l'emissione di inquinanti, migliorare la biodiversità, è un altro principio su cui deve basarsi l'individuazione di indicatori di sostenibilità. Infine, è necessario provvedere alla tutela, alla difesa e al restauro del patrimonio storico, ossia intervenire sul *patrimonio culturale e qualità dell'ambiente costruito*, aumentando la qualità e salvaguardando l'attrattiva e la funzionalità degli spazi e degli edifici.

Da quanto appena detto è facile intuire che la compilazione dei set di indicatori, fondamentali per la fase conoscitiva del territorio su cui si dovrà intervenire, è un'operazione estremamente complessa e deve considerare le specificità ambientali e socioeconomiche dell'ambito territoriale di riferimento: non si possono in altri termini definire liste di indicatori universalmente adeguate a descrivere qualunque situazione.

## 2.2 Problematiche legate all'utilizzo di set di indicatori

L'indicatore, come diffusamente risaputo, è l'espressione di caratteristiche che possono essere empiricamente osservate e/o calcolate e ha lo scopo di cogliere gli aspetti di fenomeni che, per la loro complessità, risultano spesso difficilmente misurabili dal punto di vista sintetico; esso deve essere in grado, inoltre, di informare non solo sullo stato ma anche sulle variazioni del fenomeno in esame. Il grado informativo di un indicatore, tuttavia, risulta generalmente minore tutte le volte che questo non si presenti associato ad un sistema più esteso di indicatori, tra loro correlati logicamente e funzionalmente, in grado di descrivere e informare in maniera sistematica più fenomeni coordinati fra di loro o che si vogliono interpretare in modo coordinato. La descrizione di fenomeni complessi, quali quelli territoriali e ambientali governati dai piani, deve essere necessariamente affidata ad opportuni sistemi di indicatori, che risultino suscettibili di adattamenti, modifiche e calibrazioni continue e periodiche, anche in base al tipo di obiettivo da perseguire.

Per quanto detto il compito si rivela per nulla semplice. Molte difficoltà si incontrano nella scelta degli indicatori relativi ad ogni singola componente ambientale presa in considerazione, dato che non sempre è immediato, vista la stretta correlazione tra le componenti stesse, decidere a quale componente riferire un certo indicatore. Il reperimento dei dati, inoltre, risulta spesso molto complesso; c'è, infatti, da sottolineare che la disponibilità di basi di dati

sufficientemente attendibili ed articolate non è generalizzata nel nostro paese, motivo per cui sarebbe opportuno attivare tutte le sinergie possibili fra gli enti preposti alla elaborazione e comunicazione dei dati relativi allo stato dell'ambiente e/o ai fattori di pressione.

Un altro problema è quello relativo all'incomprensibilità e alla complessità di alcuni indicatori che risultano fruibili solo agli esperti del settore. In questo senso è necessario ovviare al problema utilizzando il più possibile indicatori lineari e semplici, e perciò utilizzando le opinioni dei diretti interessati, ovvero coloro che vivono il territorio. La gestione partecipata alla politica ambientale, ma anche a quella di pianificazione è perciò uno strumento fondamentale per la migliore riuscita dell'operazione e per catalizzare il massimo dei consensi. In questo ambito, l'attenzione a quelli che sono i problemi maggiormente percepiti dai cittadini consente di individuare nuovi indicatori e di modificare quelli adottati in prima ipotesi, in modo tale da consentire al set così adottato di rappresentare un buon metro per valutare anche la sostenibilità delle scelte fatte.

### **3 LA PIANIFICAZIONE IN TOSCANA**

#### *3.1 La Legge 5/95*

La legge regionale 16 gennaio 1995, n.5 *“Norme per il governo del territorio”* individua i soggetti istituzionali e gli strumenti di governo del territorio al fine di “[...] *orienta(re) l'azione dei pubblici poteri ed indirizza(re) le attività pubbliche e private a favore dello sviluppo sostenibile nella Toscana, garantendo la trasparenza dei processi decisionali e la partecipazione dei cittadini alle scelte di governo del territorio*” (art.1, comma 1). La legge, innovativa per i tempi e per i contenuti, non solo riorganizza la pianificazione territoriale, a livello regionale, provinciale, comunale, nei metodi e nei contenuti, ma introduce un sistema predisposto per raccogliere, elaborare e concretizzare le iniziative europee e mondiali in tema di sviluppo sostenibile.

Infatti, con questa legge, la Regione Toscana introduce nella normativa urbanistica regionale (*“le azioni di trasformazione del territorio sono soggette a procedure preventive di valutazione degli effetti ambientali”*, art. 5), la nozione di Sostenibilità Ambientale, decretando l'obbligo di verifica di tale requisito per ogni trasformazione territoriale all'interno di strumenti direttori e regolatori. Scopo essenziale della suddetta valutazione è quello di prevedere e verificare la compatibilità ambientale delle scelte di pianificazione territoriale e la rispondenza degli obiettivi individuati da piani e programmi con quelli propri dello sviluppo sostenibile, ossia di verificare gli effetti delle azioni di trasformazione sulle risorse ambientali e territoriali e sulle loro criticità. In questo modo viene superato il controllo gerarchico svolto dalla Regione, che aveva il compito di assicurare la legittimazione sostanziale degli strumenti

urbanistici, ed i Comuni e le Province diventano veri e propri centri di responsabilità e decisione per quanto riguarda la programmazione e la pianificazione territoriale.

### *3.2 Le Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali*

Al fine di rendere effettivo quanto stabilito dall'art. 5, la Regione Toscana ha approvato, nel dicembre del 1998, le *“Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali ai sensi dell'art. 13 della Lg. R. n. 5/1995”*, che servono a disciplinare le modalità tecniche per il rilevamento e l'analisi dello stato delle risorse territoriali e per la valutazione dei piani e degli strumenti di programmazione territoriale. In tali istruzioni non si entra nel merito delle tecniche di valutazione, ci si limita a fornire le modalità e le procedure che dovranno essere osservate dai Comuni e dalle Province nella stesura delle valutazioni, e ciò lascia liberi gli enti nell'applicazione delle tecniche più svariate e nell'impiego delle competenze disponibili relative ad ogni singolo caso.

Come detto, le *Istruzioni Tecniche* definiscono le attività valutative previste dalla L.R. 5/95, ovvero le specifiche valutazioni degli effetti ambientali e le attività valutative preliminari di tipo strategico, che hanno lo scopo di definire le condizioni per la trasformabilità delle risorse territoriali. Per raggiungere tali obiettivi le valutazioni e le verifiche devono basarsi su informazioni adeguate. La raccolta ed il trattamento di queste informazioni è uno degli aspetti più importanti e delicati di tutta l'attività di valutazione perché una valutazione o una verifica attendibili devono disporre di informazioni esaustive e verificabili: tali informazioni devono essere raccolte ed elaborate dai *Quadri Conoscitivi* del Piano Territoriale di Coordinamento e del Piano Strutturale, in quanto utili per le valutazioni e in generale al conseguimento degli obiettivi del piano.

Al fine di facilitare l'arduo compito valutativo richiesto sia alle Province che ai Comuni, la Regione ha pubblicato, nel dicembre 1999, il *“Manuale per l'applicazione della Valutazione: Procedure e tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e di pianificazione territoriale di competenza degli enti locali ai sensi della Lg. R. n. 5/1995”*, il quale si configura come un testo d'appoggio che sviluppa, dal punto di vista operativo, le indicazioni contenute nelle *Istruzioni Tecniche* del 1998.

### *3.3 La riforma della legge 5/95*

Dall'emanazione della legge regionale sino ad oggi sono stati approvati una serie di documenti per l'attuazione della stessa legge, e si è prossimi alla pubblicazione della riforma della Legge 5/95. La bozza della *Nuova Legge Regionale sul Governo del Territorio* approfondisce ed integra l'attuale Legge 5, nel senso che definisce in maniera più dettagliata



gli argomenti trattati nella versione del '95 (un esempio per tutti, la definizione delle finalità della legge nelle due versioni) e introduce nuovi elementi per il governo del territorio (per esempio, lo Statuto del Territorio in tutti gli strumenti ai diversi livelli di governo).

In sintesi, l'obiettivo della nuova Legge è quello di riaffermare ed evolvere i principi affermati dalla Legge 5/95 ed in particolare:

- renderli del tutto coerenti con i nuovi principi costituzionali;
- rafforzare le sinergie tra i soggetti ed i settori attraverso un Procedimento Unificato che aumenti l'efficienza dei percorsi decisionali;
- assumere i contenuti delle nuove disposizioni comunitarie in ordine alla valutazione integrata degli atti strategici

La bozza della nuova legge prevede, inoltre, di ricondurre ai principi propri del "governo del territorio" una serie di procedimenti di settore, di origine regionale o statale, il cui esito operativo induce effetti e trasformazioni significativi sul territorio e sulle risorse e che ad oggi rispondono a criteri separati, estranei e talvolta conflittuali, rispetto ai procedimenti ed agli obiettivi della sostenibilità affermati dalla legge 5/95.

La bozza della nuova Legge sul Governo del Territorio prevede che *"[...] in tema di valutazione, sia affermata la necessità di procedere a valutazioni integrate degli effetti ambientali/ territoriali, economici, sanitari e sociali indotti dalle trasformazioni del territorio risorsa. Si prevede, secondo quanto previsto dalla Direttiva Comunitaria 42/2001, che tali valutazioni siano effettuate nella fase di predisposizione di piani e programmi, comunque prima della loro adozione, così da permettere alle amministrazioni competenti di operare scelte coerenti con i principi dello Sviluppo Sostenibile."*

Si stabilisce, infatti, che *"[...] ogni soggetto che intende adottare uno strumento di pianificazione territoriale o un atto di governo del territorio effettua la valutazione integrata degli effetti territoriali, ambientali, sociali ed economici e sulla salute umana, anche in più momenti, a partire dalla prima fase utile delle elaborazioni, prima che vengano assunte determinazioni impegnative, anche per consentire la scelta motivata tra possibili alternative e per individuare aspetti che richiedano ulteriori integrazioni o approfondimenti"*. Le valutazioni compiute in fase di elaborazione non sono ripetute con lo stesso livello di approfondimento e con le stesse modalità nelle fasi successive.

#### **4 IL CASO DI STUDIO**

Come si è visto nei capitoli precedenti il tema della sostenibilità ambientale e della sua verifica, e perciò *valutazione*, in Toscana assume una notevole rilevanza. Tale rilevanza è accresciuta, o meglio convalidata, dal sistema di governo del territorio che garantisce ad ogni livello territoriale che l'ente competente possa gestire al meglio le proprie risorse, abbia la possibilità-dovere di controllare e verificare gli effetti delle politiche e delle azioni di

pianificazione sulle risorse stesse, il tutto all'interno di un sistema in cui l'ente territoriale del livello superiore ha il ruolo prima che di *controllore* di *coordinatore*. Tale sistema dunque, applicando al massimo livello il principio della sussidiarietà, si esplica nella piena autonomia dell'ente locale e nel rispetto delle norme stabilite a livello superiore; norme che, avvalendosi dell'azione coordinatrice della regione nei confronti di province e comuni, e poi delle province stesse nei confronti dei comuni, hanno l'obiettivo di garantire il rispetto delle risorse ambientali, sociali ed economiche, la loro valorizzazione e il loro uso sostenibile.

È, dunque, evidente lo stretto legame che si instaura in Toscana tra gli enti territorialmente competenti. In particolare, scegliendo come ambito di applicazione quello dei rifiuti è possibile individuare le seguenti competenze territoriali:

- a livello locale diverse Aziende private gestiscono il servizio con competenza a volte su tutti i comuni della provincia a volte solo su alcuni di essi. Ad esempio Siena Ambiente S.p.A è il gestore unico della raccolta e trattamento dei rifiuti della Provincia di Siena, così come l'Azienda Ambientale di Pubblico Servizio Spa di Livorno, mentre la Geofor S.p.A non si occupa del servizio in tutti i comuni della provincia di Pisa (sebbene ben pochi vengano esclusi);
- a livello comunale tutti gli strumenti devono operare nel rispetto e con l'intento di soddisfare gli obiettivi stabiliti dal decreto Ronchi e dagli enti territoriali sovraordinati. In particolare oltre ai *Piani Strutturali*, i cui indirizzi e prescrizioni devono tenere in considerazione gli obiettivi di sostenibilità, e all'interno dei quali deve anche essere predisposta la *Valutazioni degli effetti ambientali* delle azioni di piano, troviamo i *Piani comunali di raccolta e gestione dei rifiuti*, che si occupano specificamente della programmazione e pianificazione del servizio; inoltre, come si vedrà più avanti, per alcuni comuni è anche obbligatoria la redazione di una *Relazione sullo Stato del Sistema Rifiuti*;
- a livello territoriale troviamo, oltre agli strumenti propri (*Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* e *Piano di Indirizzo Territoriale Regionale*), che individuano strategie di sviluppo generali e indirizzi per la salvaguardia delle risorse nel rispetto degli obiettivi di sostenibilità ambientale, i piani settoriali (*Piano Regionale e Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti*) che stabiliscono indirizzi e linee guida e svolgono la funzione di coordinamento degli enti locali per la programmazione e gestione del servizio, nonché stabiliscono gli obiettivi prestazionali e i criteri per la verifica sia degli effetti sull'ambiente che del raggiungimento degli obiettivi medesimi.

In sintesi, per la verifica degli effetti e per la valutazione del soddisfacimento degli obiettivi, cominciando dal livello comunale, vengono raccolti i dati forniti dalle aziende che gestiscono il servizio, vengono sviluppate diverse elaborazioni delle variabili per ottenere gli indicatori corrispondenti ai criteri stabiliti e si valuta il soddisfacimento degli obiettivi prefissati. Ciò

avviene ai diversi livelli di governo del territorio, con un livello via via maggiore di aggregazione dei dati, con conseguente perdita di informazioni e aumento dei livelli di approssimazione. In particolare si possono individuare due problematiche emergenti: spesso i dati sono insufficienti a rappresentare l'indicatore, e si è costretti ad effettuare stime per sopperire ai dati mancanti; inoltre la relazione tra le variabili, che poi è la causa del verificarsi di determinati fenomeni (per esempio aumento della produzione di rifiuti solidi urbani legata al cambiamento della struttura familiare della popolazione) spesso non viene colta. Ciò conduce ad un circolo vizioso in cui la carenza di conoscenza sui legami tra variabili non consente di effettuare stime adeguate dei dati mancanti.

È, dunque, evidente la necessità da parte degli enti preposti alle valutazioni, di uno strumento che, aumentando i livelli di conoscenza sugli stretti legami che si instaurano tra le componenti del sistema rifiuti, da un lato garantisca la predisposizione di stime più adeguate dei dati mancanti, e la conseguente più idonea quantificazione degli indicatori, e dall'altro sia di aiuto nella predisposizione delle politiche di governo e di raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità.

Con tale premessa, come caso di studio iniziale e con l'intento di effettuare una prima indagine conoscitiva del fenomeno e di testare lo strumento, questa fase della ricerca ha indagato le relazioni esistenti tra produzione di *Rifiuti Solidi Urbani* (RSU), quantità di rifiuti *Raccolti in maniera Differenziata* (RD) e le caratteristiche strutturali della popolazione e delle attività commerciali e ricettive.

La scelta di limitare il campo di indagine ai soli RSU, senza prendere in considerazione i rifiuti speciali e pericolosi, deriva dalla necessità di operare una riduzione delle variabili in modo da poter garantire la lettura dei risultati.

La scelta dell'intera Regione Toscana è derivata essenzialmente dalla constatazione che la regione è un ambito territoriale omogeneo dal punto di vista politico pianificatorio; in altre parole le politiche regionali settoriali (*Piano Regionale di gestione dei rifiuti relativo ai Rifiuti Urbani e Assimilati*) garantiscono la necessità da parte dei comuni di adottare comportamenti simili (quantomeno per raggiungere gli stessi obiettivi); inoltre si è ritenuto di una certa rilevanza il fatto che in tale ambito si dovrebbe riscontrare una certa sensibilità ormai acquisita nei confronti del tema rifiuti.

L'intento è quello di trarre dall'applicazione effettuata una prima base informativa sulle relazioni tra le componenti del sistema rifiuti e le caratteristiche della popolazione e del sistema economico; tale base informativa, che, per i motivi sopra descritti, risulta già di per sé utile agli enti territoriali, diviene anche il punto di partenza per l'estensione dello strumento ad un caso di studio specifico, quale potrebbe essere il livello comunale. In questo caso l'obiettivo dello sviluppo futuro della ricerca potrebbe essere di indagare più approfonditamente le relazioni utilizzando variabili più dettagliate (per esempio dati a livello di sezione di censimento o isolato), producendo uno strumento assolutamente utile alle

amministrazioni sia nella quantificazione e stima delle variabili, sia nella verifica degli indicatori e nella valutazione degli effetti delle azioni, sia, infine, nella definizione di politiche settoriali e di sensibilizzazione.

#### *4.1 Cenni normativi al tema dei rifiuti*

A livello normativo, il tema dei rifiuti è trattato dal Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n.22 *“Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio”*, il cosiddetto “decreto Ronchi”, che ha profondamente cambiato i punti di riferimento normativi per la gestione del sistema dei rifiuti modificando radicalmente presupposti ed obiettivi della precedente normativa (DPR 915/82).

Con tale decreto, i rifiuti vengono classificati, secondo l’origine, in rifiuti urbani e rifiuti speciali, e, secondo le caratteristiche, in rifiuti pericolosi e non pericolosi. L’applicazione effettuata riguarda, come già detto, esclusivamente i rifiuti solidi urbani (RSU) con l’esclusione dei rifiuti urbani pericolosi (RUP), ossia quelli che, pur avendo un’origine civile, contengono al loro interno un’elevata dose di sostanze pericolose e che quindi devono essere gestiti diversamente dal flusso dei rifiuti urbani “normali”

In particolare gli RSU trattati nella ricerca comprendono i rifiuti domestici anche ingombranti, i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade, rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche, rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali.

L’obiettivo del decreto è quello di disciplinare la gestione dei rifiuti *“[...] al fine di assicurare un’elevata protezione dell’ambiente e controlli efficaci, tenendo conto della specificità dei rifiuti pericolosi. I rifiuti devono essere recuperati o smaltiti senza pericolo per la salute dell’uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all’ambiente [...]”*.

Le azioni da perseguire per il raggiungimento di tale obiettivo sono individuate prioritariamente nella prevenzione e riduzione della produzione dei rifiuti e nel recupero degli stessi. Tali azioni si attuano attraverso un complesso di indicazioni tecnico-economiche tra le quali si ritrovano lo sviluppo di tecnologie pulite, la promozione di strumenti economici, l’immissione sul mercato di prodotti che non contribuiscano, o contribuiscano il meno possibile, ad incrementare la quantità ed il volume dei rifiuti, la promozione di accordi e contratti di programma finalizzati alla prevenzione e riduzione della quantità e pericolosità dei rifiuti.

Ai fini di una corretta gestione dei rifiuti il Decreto impegna le autorità competenti (Stato, Regioni, Province e Comuni) a favorire la riduzione dello smaltimento finale dei rifiuti attraverso una serie di azioni, tra le quali il reimpiego e il riciclaggio, l’impiego di tecniche

idonee ad ottenere materia prima dagli stessi, l'utilizzazione principale dei rifiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.

Allo Stato spettano le funzioni di indirizzo e coordinamento necessarie all'attuazione del decreto, la definizione dei criteri generali e delle metodologie per la gestione integrata dei rifiuti; alle Regioni il compito di predisporre, adottare ed aggiornare i piani regionali di gestione dei rifiuti; le Province devono assicurare una gestione unitaria dei rifiuti attraverso la predisposizione di Piani provinciali; ed infine i Comuni devono disciplinare la gestione dei rifiuti urbani secondo principi di efficienza, efficacia ed economicità.

#### *4.2 I livelli di pianificazione e le problematiche emergenti*

Per quanto riguarda la pianificazione in tema di rifiuti, il DL 22/97, come già detto, stabilisce che *“Le Regioni, sentite le Province ed i Comuni, [...] predispongono piani regionali di gestione dei rifiuti [...]”* i quali *“[...] promuovono la riduzione delle quantità, dei volumi e della pericolosità dei rifiuti”*.

La Regione Toscana, in attuazione della Lr n. 4/95, ha approvato nel 1998 il 1° stralcio del *Piano Regionale di gestione dei rifiuti relativo ai Rifiuti Urbani e Assimilati*. Tale Piano individua una nuova politica in grado di superare il concetto di gestione e smaltimento dei rifiuti urbani così come vengono prodotti, per passare ad una nuova ottica di gestione delle risorse contenute nei rifiuti stessi. Ciò avviene attraverso una serie indirizzi, nei quali spicca oltre che la predisposizione di azioni atte a garantire una seria raccolta differenziata, la costituzione di impianti leggeri di recupero delle risorse avviabili al riciclaggio, il compostaggio della frazione organica, la produzione di energia ed l'incentivazione all'uso contenuto al minimo degli impianti ultimi di destinazione dei rifiuti.

Il Piano Regionale, limitandosi a dettare prescrizioni di carattere generale per la redazione dei piani provinciali e a fissare alcuni divieti, vincoli e obiettivi che dovranno essere comunque rispettati dai piani provinciali e industriali, non definisce nel dettaglio le singole soluzioni tecnologiche necessarie, la cui competenza spetta ai *Piani Provinciali* redatti a livello di *Ambito Territoriale Ottimale* (ATO). In particolare, essi dovranno garantire che in ciascun ATO siano conseguiti gli obiettivi minimi di raccolta differenziata, di recupero e di trattamento dei rifiuti.

Rilevante a questo proposito come lo stesso Piano, pur nella consapevolezza che il conseguimento degli obiettivi è dipendente dal livello di partecipazione della cittadinanza e da future potenzialità industriali e tecnologiche, sancisce l'obbligatorietà per gli strumenti di pianificazione provinciali di perseguire, come obiettivi prioritari, i *valori-guida* del sistema di gestione dei rifiuti. In particolare, tra gli obiettivi ottimali stabiliti per il 2003, risultano rilevanti per questa ricerca quelli relativi alla produzione pro capite di rifiuti, che deve scendere al 15 %, e alla raccolta differenziata finalizzata a raggruppare i rifiuti urbani in

frazioni merceologiche omogenee destinate al riutilizzo, al riciclaggio e al recupero di materia prima, che deve raggiungere il 50% dei rifiuti urbani totali prodotti.

Poiché il decreto Ronchi stabiliva che in ogni ATO si dovesse garantire per il 2003 il 35% di raccolta differenziata dei rifiuti, il Piano Regionale lascia alle province, ed in particolare ai *Progetti Territoriali di Raccolta Differenziata*, contenuti nei piani provinciali di gestione dei rifiuti, il compito di definire obiettivi minimi di raccolta per ciascuna frazione merceologica.

A proposito dei suddetti progetti territoriali, è importante mettere in evidenza il fatto che, per la loro redazione e per la definizione del progetto di raccolta, debbano essere conosciuti alcuni elementi fondamentali relativi alle caratteristiche territoriali e della popolazione.

In particolare si considera che la dimensione e la tipologia del territorio (densità abitativa, distanze tra i diversi centri, struttura residenziale, sistema viario) la dimensione demografica (popolazione residente, popolazione fluttuante) e informazioni sul contesto socio culturale siano fondamentali per valutare la “propensione” alla raccolta differenziata e le quantità di rifiuti prodotti disaggregati nelle varie categorie merceologiche.

Infine, per la definizione della qualità dei rifiuti prodotti, le analisi merceologiche e chimico fisiche per ciascuna area di raccolta, verranno effettuate su campioni definiti in relazione alla stagionalità delle presenze turistiche rilevanti e all’esistenza di attività commerciali, di servizio e produttive.

In sintesi, spetta, perciò alle province (ed ai comuni), da un lato l’implementazione di politiche atte a garantire il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla legislazione nazionale e dallo stesso piano regionale, e dall’altro la verifica del soddisfacimento dell’obiettivo. E non solo, sia per la predisposizione delle politiche settoriali che per la valutazione, sono necessarie una serie di analisi atte alla quantificazione dei fenomeni.

A questo punto, sembra rilevante verificare come gli enti locali (province e comuni) rispondono a tali indirizzi.

Tra le 10 province della Regione Toscana, si è scelto di analizzare la Provincia di Pisa. In particolare, si sono studiati: il *Piano Provinciale di gestione dei rifiuti* (1998); il *Piano di Coordinamento Provinciale* (la cui revisione per l’adeguamento al PIT è attualmente in fase di adozione) e il *Rapporto sullo Stato dell’ambiente* (2003).

Il primo documento (*Piano Provinciale di gestione dei rifiuti della Provincia di Pisa 1° stralcio relativo ai rifiuti urbani assimilati*), fa propri gli indirizzi del *Piano Regionale di gestione dei rifiuti* e consiste in un sistema integrato e coordinato di gestione e trasformazione dei rifiuti per la loro riutilizzazione. È, pertanto, uno strumento tecnico, le cui linee di indirizzo puntano alla formalizzazione di strumenti tecnici e gestionali atti a garantire le soluzioni migliori per il trattamento e lo smaltimento delle diverse frazioni contenute nei rifiuti.

Il Piano Territoriale di Coordinamento assume, invece, un ruolo principalmente di coordinazione. Per il “Sistema Rifiuti” (trattato solo all’Art. 42) si determinano prescrizioni e indirizzi ai comuni in relazione al livello di attenzione (alto, medio e basso) degli indicatori di fragilità ambientale del sistema rifiuti (produzione procapite di rifiuti urbani e raccolta differenziata), individuati nell’ambito della valutazione delle condizioni di fragilità ambientale. Rilevante, a questo proposito, che, oltre ad una serie di indirizzi e criteri per la localizzazione delle funzioni e per le caratteristiche fisiche degli edifici, validi per tutti i Comuni, troviamo l’obbligo, per i comuni ai livelli alti, di includere negli strumenti di pianificazione anche una *Relazione sullo Stato del Sistema*: ancora una volta, cioè, si fa riferimento alla valutazione dello stato dell’ambiente, ossia alla misurazione e successiva verifica di indicatori, come *momento* fondamentale, prima ancora che per la verifica, per la predisposizione delle politiche di piano.

Ma, se da una parte si assegna rilevanza al momento della misurazione e quantificazione, gli strumenti e le tecniche per la quantificazione non sono ancora in grado di assolvere a questo ruolo.

Questo fatto è evidente se si analizza il *rapporto sullo Stato dell’Ambiente della stessa Provincia di Pisa* (2003), con particolare riferimento al sistema rifiuti. Qui vengono riportate indagini sui dati e sugli indicatori per la serie storica 1997 - 2001. Sebbene sia evidente lo sforzo compiuto per collegare il dato rilevato (o indicatore stimato) agli obiettivi da raggiungere (fissati dal decreto Ronchi e dagli strumenti settoriali regionali e provinciali), le maggiori problematiche riguardano da un lato il reperimento dei dati (disomogeneità delle fonti, disomogeneità delle variabili, ecc.) e dall’altro la formalizzazione dell’indicatore. Così, l’impressione che si ha è che, nonostante gli sforzi, la provincia sia stata costretta ad operare la quantificazione degli indicatori con notevoli approssimazioni, e ciò, in definitiva, riduce la *Relazione sullo Stato dell’Ambiente* ad un semplice documento descrittivo, con conseguente caduta di importanza e di utilità del *momento della quantificazione*.

Poiché, come abbiamo visto, è il livello comunale quello in cui si esplicano le principali scelte politiche e pianificatorie, soprattutto nel caso dei rifiuti, dove la gestione del servizio gioca un ruolo fondamentale, si è scelto di approfondire anche questo livello.

La scelta è caduta sul comune di Pisa, che risulta avere un livello di attenzione alto degli indicatori di fragilità ambientale (produzione procapite di rifiuti urbani e raccolta differenziata); ed in particolare, si sono analizzati, nell’ambito del *Piano Strutturale* (1997), le *Norme Tecniche* e la relazione sulla valutazione degli effetti ambientali (*Elementi per la Valutazione degli Effetti Ambientali*).

Le Norme Tecniche del PS si limitano a ribadire la necessità di raggiungere gli obiettivi fissati dalla pianificazione sovraordinata e dalle leggi nazionali e a stabilire alcuni elementi per la realizzazione dei nuovi insediamenti edilizi; al contrario nella Valutazione degli Effetti Ambientali, si riscontra ancora una volta una certa difficoltà nella valutazione e nella

quantificazione delle variabili, che è fatta mediante stime statistiche, soprattutto in relazione alla composizione merceologica dei rifiuti, e di conseguenza degli indicatori.

Anche in questo caso, dunque, sebbene in gran parte la causa sia da imputare alla data di redazione del piano, il momento fondamentale della valutazione perde attendibilità di fronte all'approssimazione con cui sono misurati gli indicatori. Comunque sia, all'interno del documento si intravede la necessità di allargare il campo di indagine includendo nelle variabili analizzate e nei dati presi in considerazione le caratteristiche della popolazione e delle imprese.

## 5 APPLICAZIONE: METODOLOGIA E RISULTATI

### 5.1 La costruzione della base dati

I dati utilizzati in questa prima fase del lavoro di ricerca sono quelli relativi alla struttura demografica ed economica della popolazione dei 287 comuni della Regione Toscana per gli anni 1991 e 2001 (fonte Istat) ed i dati relativi alla produzione totale di rifiuti e di raccolta differenziata per gli anni 1997 e 2002 (fonte Agenzia Regione Recupero Risorse SpA).

In particolare, i dati e le aggregazioni che costituiscono la banca dati sono elencati nella tabella che segue.

Struttura socio-economica della popolazione (fonte ISTAT)		
1991		
Struttura Demografica	Popolazione residente	
	Classi di età	0-19 anni
		20-29 anni
		30-59 anni
		>60 anni
	Titolo di studio posseduto	laurea
		diploma
		licenza media
		licenza elementare
		numero di alfabeti
		numero di analfabeti
	Famiglie	famiglie ad 1 componente
		famiglie a 2 componenti
		famiglie a 3-5 componenti
	Abitazioni	occupate
		non occupate
Struttura Economica	Attivi	agricoltura
		secondario
		terziario
		popolazione non attiva
	Addetti	commercio dettaglio
		alberghi, campeggi e ristoranti



		terziario avanzato (agenzie, telecomunicazione e PT, informatica, R&S)
		servizi sociali (PA, istruzione, sanità, sport, cultura)
	Unità Locali	commercio al dettaglio
		alberghi, campeggi e ristoranti
		terziario avanzato (agenzie, telecomunicazione e PT, informatica, R&S)
		servizi sociali (PA, istruzione, sanità, sport, cultura)
	Tipo di lavoro	imprenditori
		lavoratori in proprio e dirigenti
		impiegati e lavoratori dipendenti
	Tipo di lavoro (solo femmine)	imprenditori
		lavoratori in proprio e dirigenti
		impiegati e lavoratori dipendenti
2001		
Struttura Demografica	Popolazione residente	
	Classi di età	0-19 anni
		20-29 anni
		30-59 anni
		>60 anni
	Abitazioni	non occupate
		con almeno 3 stanze
		abitazioni con più di 4 stanze
		occupanti per stanza
Densità		
Struttura Economica	Addetti	industria
		commercio
		istituzioni
		altri servizi
	Unità Locali	industria
		commercio
		istituzioni
		altri servizi
Sistema Rifiuti (fonte ARRR 1997, 2002)		
Rifiuti	rifiuti pro capite	
	percentuale di raccolta differenziata	

Per ogni aggregazione definita precedentemente si è proceduto ad una suddivisione in 5 classi corrispondenti a: livello bassissimo (BS), basso (B), medio (M), alto (A), altissimo (AS). La definizione dei limiti superiore ed inferiore di ciascuna classe è stata studiata singolarmente per ogni aggregazione, in funzione dell'andamento dei valori delle diverse aggregazione e cercando di ottenere classi omogenee rispetto al numero di elementi che le costituivano.

È da specificare che per quanto riguarda i dati relativi al sistema rifiuti, che corrispondono agli indicatori di fragilità ambientale (cfr. par. 4.2), le classi individuate come descritto sopra non corrispondono ai livelli di fragilità stabiliti dagli strumenti di pianificazione. Infatti, i livelli sono stati assegnati considerando il range di valori assunto da ciascuna variabile della Regione e le classi sono state costruite con il criterio che a ciascuna di esse corrispondesse una uguale frequenza (vale a dire che ogni classe contenesse più o meno lo stesso numero di Comuni).

## 5.2 Cenni teorici allo strumento utilizzato

Negli ultimi anni si è notevolmente sviluppata, all'interno delle scienze dell'informazione, una nuova 'tecnologia', denominata *Knowledge Discovery in Databases* (KDD), nel cui ambito si sviluppano una serie di strumenti di apprendimento automatico, per lo più basati su un approccio di tipo induttivo, che sono in grado di realizzare l'estrazione automatica di informazioni da basi dati di grandi dimensioni.

Il KDD è un processo che si articola in più fasi attraverso le quali si passa dal dato grezzo all'estrazione conoscenza interessante dal dato stesso: tra queste fasi la più importante è sicuramente quella di "*data mining*" fase durante la quale, attraverso l'uso di particolari algoritmi, si realizza l'estrazione dai dati di pattern e modelli potenzialmente utili e precedentemente sconosciuti ad un operatore umano.

Tra tutti i vari metodi e strumenti disponibili si è ritenuto opportuno utilizzarne uno basato sulla classificazione.

Nella classificazione i dati di input, definiti *training set*, consistono in un certo numero di *record*, (in questo caso corrispondenti a tutti i Comuni della Regione Toscana) ognuno dei quali presenta una serie di attributi *i* (in questo caso le caratteristiche della popolazione e delle attività economiche descritte al paragrafo precedente ) e l'etichetta di classe, ossia l'attributo target della classificazione (nelle varie prove effettuate si sono considerati, come etichetta di classe, alternativamente il valore medio di produzione pro capite di rifiuti solidi urbani e la percentuale di rifiuto raccolto in maniera differenziata rispetto alla quantità totale di rifiuto associati ad ogni singolo Comune).

I record contenuti nel *training set* vengono analizzati, facendo uso di particolari algoritmi di classificazione, allo scopo di sviluppare una descrizione accurata o un modello per ciascuna classe, attraverso i quali poter classificare ulteriori e/o futuri casi dei quali la classe è sconosciuta.

Tra i vari metodi di classificazione si è scelto di utilizzare in particolare quello basato sull'induzione di Alberi di Decisione (Quinlan, 1986; Breiman et al., 1984), in grado di fornire una struttura gerarchica altamente efficiente. In particolare, nelle prove effettuate è stato utilizzata una versione del noto algoritmo C4.5., elaborato da J. Ross Quinlan .

L'idea di base di tale tecnica è quella di partizionare il *data set* in maniera ricorsiva fino a quando non si verifica che tutti gli esempi all'interno di ogni partizione appartengono ad una medesima classe.

Il risultato della classificazione viene visualizzato facendo uso di una struttura ad albero simile ad un diagramma di flusso che contiene una radice, nodi, rami e foglie: la radice rappresenta l'attributo in base al quale è stata operata la partizione, i nodi sono etichettati con i nomi dei rimanenti attributi, i rami con i possibili valori che gli attributi possono assumere mentre le foglie rappresentano le diverse classi.

In maniera molto semplice, seguendo percorsi che vanno dalla radice alle foglie, è possibile passare dall'albero di decisione alle regole di classificazione, le quali assumono la seguente forma. Nel nostro caso specifico le regole contengono:

IF→ Descrizione degli attributi utilizzati per la caratterizzazione socio- economica di ciascun Comune

THEN→ Valore degli indicatori di fragilità del sistema rifiuti

Nel paragrafo successivo vengono descritti i risultati delle prove effettuate.

### 5.3 *Analisi dei primi risultati*

Sono state effettuate varie prove associando una certa quantità di caratteristiche per ogni Comune al valore delle due etichette di classe del Comune stesso, ottenendo delle relazioni che legano le caratteristiche della popolazione, delle abitazioni e delle attività alla produzione di rifiuti, differenziata e non.

In particolare, si sono individuate quattro tematiche principali, legate ad altrettanti gruppi di variabili, nell'ambito delle quali compiere le varie prove. Le tematiche individuate riguardano:

1. *caratteristiche socio-demografiche della popolazione*, in cui si sono prese in considerazione, oltre che la grandezza del comune e la densità, due macro classi di età (fino ai 30 e superiore ai 30 anni) e la quantità di laureati; la soglia dei 30 anni è stata considerata come quella, superata la quale si crea una nuova famiglia; i laureati si sono invece considerati per verificare se si potesse individuare una differente sensibilità al problema;
2. *caratteristiche socio-economiche della popolazione*, in cui si sono indagati gli aspetti legati ai livelli di attività e alla tipologia di lavoro svolto dai residenti; in particolare oltre agli attivi si sono individuate due grandi categorie tipologiche: i lavoratori dipendenti (al cui interno si trovano impiegati e dipendenti degli enti pubblici e privati) e lavoratori in proprio (comprendenti imprenditori, liberi professionisti, etc.);
3. *caratteristiche delle abitazioni*, che ha preso in considerazione la percentuale di abitazioni non occupate, il taglio delle abitazioni (n. stanze per abitazione) e il numero di occupanti per stanza;
4. *caratteristiche delle attività economiche*, poiché si è scelto di considerare unicamente la produzione di RSU si è limitata l'indagine alle attività commerciali, ricettive e ai servizi, considerando gli addetti come unità di misura della grandezza dell'attività.

Per quanto riguarda la prima tematica (*caratteristiche socio-demografiche della popolazione*), considerando le relazioni tra *grandezza del Comune*, *densità* e RD e RSU, si riscontra che:

- a. in relazione alla percentuale di RD, sia al 1991 che al 2001 si nota che esiste una proporzionalità diretta tra la grandezza del Comune e la percentuale di RD: questo può derivare dal fatto che i Comuni più sono grandi più sono in grado di organizzare i servizi di RD e altresì di sensibilizzare i residenti in proposito. Del resto, come si vede sotto, più i Comuni sono grandi più è alta la produzione di rifiuto pro capite e dunque è necessaria un'organizzazione maggiore del servizio di raccolta e gestione;
- b. riguardo alla produzione di RSU, sia al 1991 che al 2001 si nota che esiste, come detto sopra, una proporzionalità diretta molto forte tra la classe del Comune e la produzione di rifiuto pro capite

Nella tabella che segue, che costituisce l'Output dello strumento di classificazione basato su C 4.5, considerando le variabili "popolazione totale al 2001" e "RSU pro capite al 2002", è verificabile quanto detto precedentemente.

<pre> ==== Run information ==== Scheme:   weka.classifiers.trees.J48 -C 0.25 -M 2 Relation: popolazionetotaleRSUTOT2001 Instances: 2870 Attributes: 2            popTOT2001            RSUTOT2002 Test mode: evaluate on training data  ==== Classifier model (full training set) ==== J48 pruned tree ----- popTOT2001 = PP: BS (430.0/290.0) popTOT2001 = P: M (490.0/360.0) popTOT2001 = M: M (760.0/400.0) popTOT2001 = G: M (680.0/340.0) popTOT2001 = GG: A (510.0/310.0)  Number of Leaves :      5  Size of the tree : 6 </pre>	
<b>LEGENDA</b>	
<b>POPOLAZIONE TOTALE 2001</b>	<b>RSU PRO-CAPITE</b>
PICCOLISSIMO (PP) : < 1500	BASSISSIMO (BS): P<0,35
PICCOLO (P): 1500 < P <3000	BASSO (B): 0,35<P<0,4
MEDIO (M): 3000< P <7000	MEDIO (M): 0,4<P<0,5
GRANDE(G): 7.000< P < 15.000	ALTO (A): 0,5<P<0,6
GRANDISSIMO (GG) >15.000	ALTISSIMO(AS): P>0,6

Sempre nell'ambito delle caratteristiche socio-demografiche in funzione della relazione tra la *densità*, la *percentuale di popolazione che vive all'interno dei centri abitati* e RD e RSU, si riscontra che:

- a. in relazione alla percentuale di RD, al 2001 si estrae una relazione molto ovvia, vale a dire che se la densità è bassa e la popolazione non è concentrata nei centri urbani, la percentuale di RD è bassissima, al contrario si passa a valori Medio- Alti per densità

alte ed altissime e per la maggior parte della popolazione residente in centri abitati. Questo dipende dalla difficoltà logistica di organizzare il servizio di RD laddove si trovano molte case sparse, magari a grandi distanze l'una dall'altra e dai principali centri urbani;

- b. riguardo al rapporto tra la produzione di RSU e le due variabili suddette, del resto, si evince in maniera molto precisa che la produzione di rifiuto pro capite è direttamente proporzionale alla densità e alla concentrazione della popolazione nei centri. In altre parole, se da una parte è difficile organizzare i servizi nelle realtà territoriali a bassa densità, dall'altra è sempre verificato che in questi luoghi si ha una produzione di rifiuto minore.

Per quanto riguarda le variabili collegate con l'età si evince che:

Considerando le relazioni tra *popolazione fino ai 30 anni* e RD e RSU

- a. in relazione alla percentuale di RD, al 2001, la popolazione in età fino ai 30 anni non ne influenza in alcun modo la percentuale: questo forse è spiegabile in quanto trattasi di bambini - adolescenti o di persone che, seppur adulte, spesso vivono ancora in casa con i genitori;
- b. riguardo alla produzione di RSU, invece, sempre al 2001 si è trovato che esiste una proporzionalità diretta fortissima tra le due variabili. In tutti i casi, cioè, in cui si ha un valore basso di "popolazione sotto i 19 anni" e "popolazione tra 20 a 30", si ha una bassa o bassissima produzione di rifiuto, mentre a valori alti o altissimi delle due variabili corrispondono valori alti della produzione di rifiuti con una regolarità impressionante.

In entrambi i casi le stesse valutazioni si possono fare anche per il 1997, dove però le regole individuate manifestano una forza minore.

Quanto detto precedentemente è confermato dalle relazioni tra *popolazione superiore ai 30 anni* e RD e RSU. Infatti:

- a. in relazione alla percentuale di RD, non si riscontrano, sia al 1997 che al 2001 significative regolarità. L'unico fatto significativo è che la percentuale di RD sembra leggermente diminuire al crescere della percentuale di anziani. La classe centrale di persone attive, quella cioè compresa tra i 30 ed i 60 anni, è abbastanza ininfluente sulla percentuale di raccolta differenziata, cosa che testimonia l'esistenza di realtà territoriali molto diverse tra loro, all'interno del territorio regionale. A questo proposito sarebbe opportuno verificare le relazioni tra questa variabile e la dimensione dei comuni, per vedere dove è più necessario intraprendere delle campagne di sensibilizzazione;
- b. riguardo alla produzione di RSU, sia al 1997 che al 2001 si è riscontrata una proporzionalità inversa con la popolazione superiore ai 60 anni. Questa relazione, peraltro abbastanza scontata ci dice che, al crescere della popolazione anziana,

diminuisce la produzione procapite. Significativo anche che a valori bassi o bassissimi della popolazione compresa tra 30 e 60 anni corrisponde sempre un basso valore di produzione di rifiuto procapite.

Infine, sempre nell'ambito delle caratteristiche socio-demografiche sono state individuate le relazioni tra *popolazione laureata, analfabeti* e RD e RSU. In questo caso si riscontra che:

- a. in relazione alla percentuale di RD, non si riscontrano, al 1997 significative regolarità. L'unico fatto significativo è che la percentuale di RD sembra leggermente aumentare al crescere del grado di cultura, ma con fluttuazioni ed eccezioni molto frequenti che non consentono di fare asserzioni più precise;
- b. al contrario la produzione di RSU viene fortemente influenzata da queste due variabili, risultando direttamente proporzionale alla quantità di laureati ed inversamente proporzionale alla quantità di analfabeti. Si nota infatti, con una regolarità molto forte che, ad una quantità di laureati alta o altissima corrisponde sempre una produzione pro capite alta o tutt'al più media, mentre quando la percentuale di analfabeti è alta od altissima, la quantità di rifiuto pro capite è sempre bassa o media. Questo è facilmente spiegabile in termini di disponibilità economica: le classi con maggiore cultura, sono generalmente quelle a reddito maggiore che manifestano i consumi più alti, e ad alti consumi corrispondono alte produzioni di rifiuto.

Per quanto riguarda il secondo tema (*caratteristiche socio-economiche della popolazione*), e di particolare i tassi di attività, si sono indagate le relazioni tra *popolazione attiva, grandezza del Comune* e RD e RSU. Si sono riscontrate le seguenti regole:

- a. in relazione alla percentuale di RD, al 1997 si nota che esiste una proporzionalità diretta tra gli attivi e la percentuale di RD: questa relazione, più o meno valida a prescindere dalla grandezza del comune, diventa fortissima ed esclusiva per i Comuni al di sopra di 15.000 abitanti, laddove, per una percentuale bassissima di non attivi si ha un'altissima percentuale di RD e viceversa, e ciò, confermando la prima regola individuata (tra popolazione residente e RD) che gli attivi sono un indicatore della dimensione del comune;
- b. riguardo alla produzione di RSU, come già evidenziato in precedenza, si trova una proporzionalità inversa molto forte tra quantità di popolazione non attiva e produzione pro capite. Infatti a tassi di attività bassissimi (altissima percentuale di non attivi) corrisponde una produzione bassa o bassissima, mentre si hanno produzioni medie per valori dei non attivi che vanno da bassi a medi. Questo fatto è collegato con relazioni già descritte sopra per altre variabili, quali ad esempio la proporzionalità inversa tra produzione e percentuale di anziani, etc. All'interno della regola sopra esposta non si rileva una grande influenza della dimensione del comune: quest'ultima, tuttavia, indipendentemente dal tasso di attività, influenza la percentuale di produzione

dei rifiuti, essendo stato riscontrato che in tutti comuni superiori a 15.000 abitanti la produzione di rifiuto pro capite risulta sempre di una classe superiore rispetto agli altri: tutti i comuni grandi producono una quantità di rifiuto pro capite superiore ai comuni medio- piccoli.

Facendo riferimento alla tipologia di lavoro svolto, si sono evidenziate, a questo proposito due tendenze generali:

- a. Laddove si trova una bassa percentuale totale di persone che lavorano, si riscontra una produzione di rifiuti molto bassa (ossia a valori concomitanti delle due classi pari a basso e bassissimo, corrisponde quasi sempre una produzione di rifiuto procapite bassa o bassissima, mentre a valori concomitanti altissimi, alti e medi sono associati i valori alto e medio); si riscontra, cioè, che la quantità di rifiuto prodotta è sempre direttamente proporzionale al tasso di attività, indipendentemente dal tipo di attività stessa: i comuni ad alto indice di invecchiamento o con un'alta percentuale di categorie non lavorative (casalinghe, etc.) producono meno rifiuti;
- b. la produzione di rifiuti sembra essere del tutto indipendente dalla quantità di lavoratori in proprio e viene, invece, fortemente influenzata dalla quantità di lavoratori dipendenti, forse perché questi ultimi rappresentano la fascia lavorativa più consistente: si riscontra, infatti, che esiste una proporzionalità diretta tra queste due variabili, dato che a valori bassi e bassissimi della categoria, corrisponde sempre un valore basso e bassissimo della produzione di rifiuti, mentre a valori altissimi, alti e medi è associata una produzione procapite media o alta.

Inoltre, in linea con quanto verificato con la popolazione attiva e i tassi di attività, si riscontra che, dove la quantità di lavoratori dipendenti e in proprio è alta maggiore risulta la percentuale di Raccolta Differenziata.

I risultati sono sostanzialmente simili considerando la condizione lavorativa femminile.

Per quanto concerne il terzo aspetto (*caratteristiche delle abitazioni*) sia al 1997 e al 2001, le uniche relazioni significative riguardano la RD. Infatti, si nota una proporzionalità inversa molto precisa : ad una bassa percentuale di abitazioni non occupate corrisponde un'alta percentuale di RD e viceversa. La spiegazione è forse da ricercare nel fatto che quando si ha una popolazione di residenti annuali viene acquisita una maggiore sensibilità alla raccolta differenziata del rifiuto e vengono proposti anche interventi a questo proposito, mentre “i turisti” sono meno sensibili a questo riguardo. La presenza di questa regola molto forte dovrebbe essere considerata dalle amministrazioni per programmare opportuni interventi di sensibilizzazione durante determinati periodi dell'anno.

Riguardo al *taglio delle abitazioni* ed al *numero di occupanti* per stanza si nota che:

- a. in relazione alla percentuale di RD, si riscontra una proporzionalità inversa molto precisa con la variabile “abitazioni con meno di tre stanze” al 2001: infatti ad una

bassa percentuale di abitazioni non occupate corrisponde un'alta percentuale di RD e viceversa. Sembrerebbe dunque che ad abitazioni più piccole corrisponda quasi sempre (la regola è molto forte) una minore sensibilità. Considerando anche la variabile “numero di componenti per abitazione”, questa regolarità viene confermata in maniera totale, dato si può riscontrare un'unica regola molto forte: esiste una proporzionalità diretta tra “famiglie da 3 a 5 componenti” e percentuale di RD e una inversa tra “famiglie 1 componente”, “famiglie 2 componenti” e percentuale di RD. In sintesi, più le case sono piccole (e dunque più i nuclei familiari sono piccoli, dato che non si hanno significative variazioni col numero di occupanti per stanza), meno si fa raccolta differenziata;

- b. invece, riguardo alla produzione di RSU, si è riscontrato che, anche se con regolarità inferiore, la produzione di rifiuti cresce al crescere delle dimensioni della famiglia. E ciò appare abbastanza scontato se si valutano i consumi delle famiglie e le abitudini.

Infine, analizzando l'ultimo tema (*caratteristiche delle attività economiche*) e si riscontra che le relazioni più rilevanti si verificano tra *addetti nel terziario e servizi* e RD e RSU. In particolare si riscontra che:

- a. la percentuale di RD, al 1997, tende a crescere al crescere degli addetti in entrambe le categorie, anche se alcuni comuni seguono un andamento abbastanza irregolare;
- b. rispetto alla produzione di RSU, al 1997 si verifica una relazione del tutto evidente, vale a dire che questa cresce proporzionalmente al crescere degli addetti nei due settori.

Allo stato attuale stiamo effettuando altre prove per dettagliare meglio le varie categorie.

## **6 CONCLUSIONI**

I risultati di questo primo stadio di avanzamento si sono rivelati molto utili al fine di evidenziare le relazioni che esistono, a livello regionale, tra le caratteristiche del sistema socio- economico e la produzione di rifiuti. Nella successiva fase della ricerca si prevede di utilizzare queste relazioni con dati territorialmente più disaggregati (sezioni di censimento o isolati), dei quali non sono noti i valori delle produzioni di RSU e la percentuale di RD. In questo modo, dalle caratteristiche delle unità territoriali, utilizzando le relazioni trovate, sarà possibile stimare i valori degli indicatori di fragilità ambientale quando questi non sono disponibili o verificare tali valori, nel caso che essi ci siano.



## 7 BIBLIOGRAFIA

- Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (1999) Linee guida per la Valutazione Ambientale Strategica.
- Breiman L., Friedman J., Olshen R., Stone C. (1984) *Classification and Regression Trees*, Wadsworth International Group.
- Comune di Pisa (1997) Piano Strutturale, Elementi per la valutazione degli effetti ambientali.
- Comune di Pisa (1997) Piano Strutturale, Norme.
- Comune di Pisa (1997) Piano Strutturale, Relazione generale.
- Macchi S., Scandurra E. (1995) *Ambiente e pianificazione*, Etas Libri Milano.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (1997) Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n.22 Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
- Provincia di Livorno (2003) Secondo rapporto sullo stato dell'ambiente della provincia di Livorno, sintesi.
- Provincia di Lucca (2004) Secondo rapporto sullo stato dell'ambiente nella provincia di Lucca.
- Provincia di Pisa (1998), Piano Provinciale di gestione dei rifiuti.
- Provincia di Pisa (2003) Rapporto sullo stato dell'ambiente.
- Quinlan J. R. (1993) *C4.5: Program for machine learning*, Morgan Kauffmann.
- Quinlan J. R (1986) Induction of decision trees, *Machine Learning*, 1, 81-106.
- Regione Toscana (1995) legge regionale 16 gennaio 1995, n.5 Norme per il governo del territorio.
- Regione Toscana (1998) Istruzioni Tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e pianificazione territoriale degli enti locali ai sensi dell'art. 13 della L.R. 5/95.
- Regione Toscana (1998) Piano Regionale di gestione dei rifiuti - Approvazione 1 stralcio relativo ai Rifiuti Urbani e Assimilati.
- Regione Toscana (1999) Manuale per l'applicazione della Valutazione: Procedure e tecniche per la valutazione degli atti di programmazione e di pianificazione territoriale di competenza degli enti locali ai sensi della L.R. 5/1995.
- Regione Toscana (2000) Piano di Indirizzo Territoriale.
- Regione Toscana (2003) Istruzioni Tecniche per la predisposizione, organizzazione, informatizzazione degli strumenti di pianificazione territoriale elaborati ai sensi della L.R. 5/95.

## ABSTRACT

Five years later the issuing of “*Technical Instructions for local authorities to assess programming and territorial planning acts*” and after the recent publication of “*Technical Instructions to prepare, schedule and computerize territorial planning acts*”, local authorities in Tuscany Region are able to provide up-to-date information about environmental state, but they still meet with many difficulties in simulating and evaluating territorial transformation scenarios deriving from human actions and in catching relations among environmental system elements.

The present work represents the first step of a search whose aim is to define a methodology to build check and decision support system in order to assess satisfaction level of policy and planning act objectives. This work deals with waste collection and managing theme using classification tools deriving from Data Mining (Knowledge Discovery in Database, KDD), in order to extract significant “relations” among waste production, population social-economic features and activities. The study case is about all the municipalities (287) of Tuscany Region.