

Il GIS per la prevenzione e per la gestione “smart” dei rifiuti

Erminia d’Alessandro¹ e Donatella Cristiano¹

¹ *Università della Calabria - DLATIC*

1. Il problema dei rifiuti urbani

La raccolta e lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani (RSU) rappresentano un importante problema nella società contemporanea, non solo a causa degli impatti sociali ed ambientali, ma anche per effetto dei costi elevati. La gestione dei rifiuti è divenuta, pertanto, uno degli aspetti più importanti per la tutela dell’ambiente e per la qualità della vita, ma anche uno degli elementi più significativi del governo sostenibile del territorio.

Viviamo in una società “usa e getta”, che produce, consuma e spreca. Per un lungo periodo, la crescita economica e il conseguente cambiamento dello stile di vita in senso consumistico hanno determinato un forte incremento nella produzione di rifiuti, oltre a un utilizzo incontrollato di risorse naturali non rinnovabili. Da qualche tempo, però, gli esperti del settore concordano da un lato che benessere e aumento dei rifiuti non hanno necessariamente una relazione diretta (un esempio è dato dalla sovrabbondanza di imballaggi che spesso non portano alcun vantaggio di tipo funzionale), dall’altro che quelli che fino a oggi abbiamo considerato rifiuti (e che quindi abbiamo trattato come tali) debbano essere invece valorizzati come risorsa, tanto più in un Paese come l’Italia povero di materie prime. Se fino a oggi la questione rifiuti è stata (e in alcuni casi tuttora rimane) un problema relativo alla gestione degli scarti del modo di vivere e produrre della nostra società, adesso serve un cambiamento di prospettiva che sappia coniugare gli aspetti sociali, ambientali ed economici in un’ottica di sostenibilità. La gerarchia fissata dall’Unione europea per la gestione dei rifiuti, non per niente, pone al primo posto la prevenzione, seguita da riuso, riciclaggio e altre forme di recupero. Il disaccoppiamento tra benessere, crescita economica, utilizzo delle risorse e produzione di rifiuti è uno degli obiettivi strategici da perseguire con convinzione.

Nel momento in cui buttiamo via qualcosa, stiamo gettando molto di più di semplice spazzatura. Un vecchio telefono cellulare, per esempio, contiene molti metalli preziosi di cui siamo molto carenti in Europa. Una tonnellata di questi dispositivi può contenere fino a 280 grammi di oro, 140 grammi di platino e palladio e 63 chilogrammi di rame. Questi non sono rifiuti che possiamo buttare: sono una risorsa di grande valore che dobbiamo riciclare. Ogni cittadino dell’Unione europea produce in media più di 500 kg di rifiuti urbani ogni anno. Gestire questa spazzatura ha un impatto enorme sull’ambiente e causa emissioni di gas serra che contribuiscono al cambiamento climatico e all’inquinamento di aria, suolo e acqua. Questo danneggia la salute e l’ambiente. Molti di questi rifiuti sono ancora inviati in discarica, mentre molto di ciò che buttiamo potrebbe essere riusato o riciclato per realizzare nuovi prodotti. Si stima che i materiali inviati in discarica potrebbero avere un valore commerciale annuo di circa 5,25 miliardi di euro. Riciclare fornisce all’industria dell’Ue materie prime secondarie di grande valore e significa che meno risorse naturali devono essere utilizzate. L’energia può essere recuperata dai rifiuti negli inceneritori moderni per produrre elettricità e calore. E il compost di buona qualità ricavato dagli scarti alimentari e vegetali può migliorare la qualità del suolo e sostituire i fertilizzanti non rinnovabili. È anche un’opportunità economica: un intero settore è stato creato per occuparsi del riciclaggio dei rifiuti e nuovi mercati sono stati sviluppati per comprarli e venderli.

Nel 2008, le politiche di gestione dei rifiuti hanno avuto un’importante revisione con l’adozione della nuova direttiva quadro 2008/98/CE, che introduce un ordine di priorità per la gestione dei rifiuti.

L’approccio dell’Unione Europea nei riguardi della gestione dei rifiuti si basa su quattro principi estremamente rilevanti nel processo di pianificazione. Il primo riguarda il rispetto della gerarchia dei rifiuti quale

scala di priorità delle migliori azioni da intraprendere nei riguardi della gestione dei rifiuti. La priorità più elevata è data alla prevenzione, seguita dalla preparazione per il riutilizzo, dal riciclaggio e dal recupero di altro tipo (ad esempio energetico). In fondo a tale gerarchia si trova lo smaltimento, da evitare se possibile. Lo scopo di questa logica è rintracciabile nella formazione di una società abituata al riciclo, che eviti cioè la produzione di rifiuti e utilizzi gli stessi come risorsa, nella quale la crescita economica e l'impatto ambientale negativo risultano disaccoppiati. Il secondo principio concerne il concetto precauzionale e dell'azione preventiva. La prevenzione dei rifiuti dovrebbe anticipare i problemi e assicurare una riduzione dell'impatto non solo sull'ambiente, ma anche sulla salute umana. Il terzo principio è il rafforzamento della responsabilità del cittadino inquinatore in termini di costo nel produrre rifiuti, in altre parole chi inquina paga. Infine il principio di prossimità e autosufficienza da rispettare nella progettazione di un'adeguata infrastruttura di raccolta e trattamento dei rifiuti.

L'Italia ha assorbito la suddetta normativa europea nella revisione del Testo Unico Ambientale D.Lgs. n.152/06. Il tema dei rifiuti è trattato nella parte quarta, dove vengono proposte le norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati. Le norme prevedono che i rifiuti da avviare allo smaltimento finale siano il più possibile ridotti sia in massa che in volume, potenziando la prevenzione e le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero. Si fa ricorso ad una rete integrata ed adeguata di impianti appositi, con l'utilizzo delle migliori tecniche disponibili e tenuto conto del rapporto tra i costi e i benefici complessivi. È inoltre fondamentale utilizzare metodi e tecnologie appropriate che garantiscano un alto grado di protezione dell'ambiente e della salute pubblica. Le competenze sono suddivise secondo una scala gerarchica. Allo Stato spetta la responsabilità di procedere a livello normativo dando le linee guida attraverso cui esplicitare le funzioni di indirizzo e coordinamento, affinché si proceda a una produzione limitata dei rifiuti e/o avvenga uno smaltimento sensato dei rifiuti per cui si evidenziano delle problematiche particolari (sanitari, pericolosi, ad elevato impatto ambientale, con particolari possibilità di recupero). Spetta alle Regioni provvedere alla delimitazione degli ambiti territoriali ottimali e a trasferire nella struttura locale gli indirizzi nazionali. Alle Province competono le funzioni amministrative riguardanti la programmazione e l'organizzazione del recupero e dello smaltimento dei rifiuti a livello provinciale. I compiti più importanti sono quelli di localizzazione degli impianti e controllo su interventi di bonifica, attività di gestione, di intermediazione e di commercio dei rifiuti, raccolta e trasporto di rifiuti pericolosi. Le Province possono avvalersi di organismi pubblici, come le Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA), con specifiche esperienze e competenze tecniche in materia. Per quanto riguarda i Comuni, la normativa prevede che essi concorrano a disciplinare la gestione dei rifiuti urbani (tramite regolamenti) nel rispetto dei principi di trasparenza, efficienza, efficacia ed economicità. In particolare devono governare la gestione dei rifiuti urbani in tutte le loro fasi e criticità (igiene, raccolta, trasporto, promozione raccolta differenziata, ottimizzazione conferimento, smaltimento).

La questione dei rifiuti tocca, quindi, tutti i livelli dell'amministrazione pubblica ed è sempre più centrale nelle ricerche e negli studi scientifici, visto il potenziale economico e ambientale associato ai rifiuti/risorsa.

2. Il Piano urbano per la gestione integrata dei rifiuti

Per affrontare il problema dei rifiuti possono essere messe in campo diverse soluzioni, ciascuna con pregi e difetti dal punto di vista dell'efficacia (selezionando la migliore soluzione tecnica e organizzativa), dell'efficienza economica (individuando la soluzione di minor costo) e dell'impatto su ambiente e salute (la cosiddetta esternalità ambientale, da ridurre anch'essa al minimo). Si tratta di scegliere all'interno di una gamma di possibilità, nessuna delle quali è risolutiva, trovando il miglior compromesso e mantenendo aperta la via a prevedibili evoluzioni future del settore. Si tratta, soprattutto, di guardare al problema dei rifiuti con un approccio omnicomprensivo, che considera ogni fase come parte inscindibile di un unico processo. Bisogna, quindi, mirare ad una gestione integrata dei rifiuti, ossia alla gestione dell'intera filiera dei rifiuti dal momento in cui vengono prodotti (anzi, dallo stesso momento in cui vengono pensati) a quello che segna la fine del loro ciclo di vita (o perché trasformati in nuove risorse o perché smaltiti definitivamente). Una gestione, pertanto, che riguarda il complesso delle attività svolte per ottimizzare lo smal-

timento dei rifiuti, per renderlo il più efficace possibile in termini di riduzione dello spreco (in particolare di risorse naturali e di energia) e di limitazione dei pericoli per l'ambiente e la salute.

Una simile presa di coscienza segna la necessità di collegare tra loro le diverse fasi in cui si compone la gestione dei rifiuti (raccolta, recupero/trattamento e smaltimento) e cercare una soluzione sistemica. L'Unione Europea ha adottato quest'ottica da tempo, con il principio dell'integrazione dei diversi "circuiti" di raccolta (suddivisi per frazioni omogenee di rifiuti da raccogliere: umido, carta, vetro, e così via) e di questi con le fasi di trattamento e smaltimento finale, riservando alla raccolta differenziata, finalizzata al recupero e al riciclaggio dei materiali, un ruolo centrale.

La raccolta differenziata può rispondere a due problemi fondamentali legati alla produzione di rifiuti, cioè al consumo di materia prima che può essere ridotto grazie al riciclo e alla riduzione del materiale destinato allo smaltimento attraverso discariche e inceneritori; in ultimo, da non sottovalutare, può contribuire favorevolmente alla lotta ai cambiamenti climatici e all'inquinamento atmosferico. Da studi effettuati da Legambiente chi ricicla anche soltanto la metà dei propri rifiuti contribuisce a ridurre l'anidride carbonica e tutti i gas climalteranti emessi in atmosfera di una quantità tra i 150 e i 200 kg all'anno.

I benefici della raccolta differenziata del vetro sono molteplici sia in termini di risparmio sui consumi di materia prima sia per una riduzione del consumo energetico presso le industrie vetraie, che impiegano il 2,5% in meno dell'energia necessaria per ottenere il vetro dalle materie prime per ogni 10% di rottame impiegato. Rispetto alla produzione ex novo riciclare materiali cartacei comporta sia benefici economici ed energetici sia contribuisce a ridurre anche la deforestazione salvando alberi dall'abbattimento. Il riciclo di materiali metallici salvaguarda l'ambiente evitando la produzione ed emissione di fanghi di risulta, di elevata tossicità, formati durante i cicli di lavorazione dell'alluminio primario. Il riciclo della plastica è fondamentale perché permette di riutilizzare questo materiale evitando che si disperda nell'ambiente. La plastica, infatti, pur essendo uno dei materiali più utilizzati, non è biodegradabile e la sua dispersione è dannosa per l'ambiente: basti solo pensare che sono necessari circa 200 anni perché venga smaltita naturalmente una bottiglia o un sacchetto. Infine è doveroso parlare della raccolta dell'organico. Quest'ultimo pur costituendo la frazione quantitativamente più rilevante presente nel rifiuto urbano (circa il 26-30% del rifiuto urbano) ad oggi non ha avuto un adeguato sviluppo e pertanto può rappresentare la frazione merceologica sulla quale è necessario puntare maggiormente per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'Unione Europea.

Pertanto la realizzazione di una gestione sostenibile dei rifiuti risulta essenziale e ad oggi viene considerata una delle più grandi sfide, ambientali e non, a livello internazionale. È assolutamente necessario, quindi, trovare lo strumento idoneo per pervenire ad una reale gestione integrata sostenibile dei rifiuti.

La Direttiva 2008/98/CE già citata, oltre ad introdurre il concetto di prevenzione del rifiuto, richiede agli Stati membri di provvedere, ai diversi livelli di competenza, alla predisposizione di uno o più Piani di gestione dei rifiuti. Questi nuovi strumenti devono riportare un'analisi della situazione della gestione dei rifiuti esistente nell'ambito geografico interessato e soprattutto le misure da adottare in merito alle fasi di riutilizzo, recupero e smaltimento dei rifiuti in modo sostenibile, ma soprattutto un articolato e mirato piano di comunicazione e di sensibilizzazione degli attori coinvolti.

Diventa quindi importante affrontare il discorso della necessità di un approccio metodologico comune relativo alla gestione integrata dei rifiuti e in particolare alla stesura dei Piani di gestione a livello locale, ossia urbani, ad oggi pressoché inesistenti, capaci di coordinare tutte quelle buone pratiche e progetti necessari per una migliore qualità della filiera dei rifiuti/risorsa. È necessario per i Comuni acquisire la capacità di contribuire ad una pianificazione sostenibile e smart della gestione dei rifiuti, promuovendo lo sviluppo di pratiche di programmazione più coerenti e adeguate per le diverse realtà territoriali (miglioramento della qualità del servizio di raccolta e abbattimento dell'impronta ambientale), spingendo verso un sistema articolato ed efficiente di raccolta e pretrattamento dei rifiuti grazie all'utilizzo di impianti di stoccaggio intermedi e distribuiti (miglioramento della tempestività della raccolta e della preselezione), mirando a sinergie ed associazioni tra comuni per l'abbattimento dei costi di gestione (miglioramento della sostenibilità economica di processi avanzati e complessi) e potenziando il coinvolgimento, la formazione e l'interazione con l'utenza per il miglioramento della qualità della raccolta differenziata (miglioramento del

livello di purezza dei rifiuti differenziati e aumento delle quantità per singola merceologia, in particolare per la frazione organica).

Nel Piano di gestione dei rifiuti a livello urbano devono pertanto essere presenti i seguenti aspetti:

- tipo, quantità e fonte dei rifiuti prodotti all'interno del territorio, rifiuti che saranno prevedibilmente spediti da o verso il territorio nazionale e valutazione dell'evoluzione futura dei flussi di rifiuti;
- sistemi di raccolta e di riciclaggio dei rifiuti e impianti di smaltimento e recupero, inclusi eventuali sistemi speciali per singola frazione merceologica, per rifiuti pericolosi o flussi di rifiuti disciplinati da normative comunitarie specifiche;
- una valutazione della necessità di nuovi sistemi innovativi di raccolta, di ulteriori infrastrutture per gli impianti e se necessario di forme di investimento correlate;
- informazioni sufficienti sui criteri di riferimento per l'individuazione dei siti e la capacità dei futuri impianti di smaltimento o degli impianti di recupero;
- politiche e strategie generali di gestione dei rifiuti, incluse tecnologie e metodi di gestione pianificata dei rifiuti, o altre politiche per i rifiuti che pongono problemi particolari di gestione;
- aspetti organizzativi connessi alla gestione, inclusa una descrizione della ripartizione delle competenze tra i soggetti pubblici e privati che provvedono alla gestione dei rifiuti;
- una valutazione dell'utilità e dell'idoneità del ricorso a strumenti economici e di altro tipo per la soluzione di vari problemi riguardanti i rifiuti, tenuto conto delle necessità di continuare ad assicurare il buon funzionamento del mercato interno;
- campagna di sensibilizzazione e di diffusione di informazioni destinate al pubblico in generale o a specifiche categorie di consumatori; implementazioni smart di interazioni tra utenti ed operatori, tra operatori e amministrazioni, tra enti competenti in materia e attori coinvolti; introduzioni di sistemi di tariffazione personalizzata;
- sistemi e misure di bonifica di siti contaminati.

3. Smart governance dei rifiuti

La rivisitazione della gestione dei rifiuti, in un'ottica sostenibile, comporta quindi inevitabilmente l'introduzione di una nuova strategia urbana per tale tematica, che attui non solo specifici interventi volti ad una riqualificazione ma una vera rigenerazione urbana, intesa come un insieme organico di strategie, politiche e azioni finalizzate ad uno sviluppo durevole e sostenibile.

Una città resiliente, come noto, è un sistema urbano capace di rispondere a sollecitazioni di diverso genere e ritornare ad uno stato di equilibrio nonostante il mutare delle condizioni al contorno; tale città pianifica il proprio territorio secondo scenari di medio-lungo termine per garantire una governance smart e sostenibile. E proprio in tale ottica, anche per il tema dei rifiuti, emerge la necessità non solo di revisionare i modelli organizzativi e gestionali su cui si basa la convivenza urbana ma anche di ripensare il disegno della città nel suo complesso.

Attualmente, quanto si parla di rifiuti, rimangono nella memoria le famose “tre R”: Riutilizzo (si ha quando si verifica l'utilizzo ripetuto e reiterato di un prodotto per il medesimo scopo), Riciclaggio (si ha quando i residui vengono reintrodotti nel ciclo produttivo di provenienza) e Recupero (si ha quando i residui vengono inseriti in un ciclo produttivo diverso da quello di provenienza).

A queste “tre R” è fondamentale associare “due nuove R”: Resilienza e Rigenerazione, entrambe volte al superamento di una problematica (quella dei rifiuti) che, se non ben regolamentata, può provocare, come purtroppo è già accaduto in alcune città, una vera e propria emergenza urbana.

Nello specifico affinché si possa concretizzare l'assioma “rigenerazione urbana come resilienza nel caso dei rifiuti”, è necessario un approccio complessivo che rivisiti in particolare le reti di raccolta, di recupero a fini energetici, di smaltimento dei rifiuti stessi. In questa ottica nella gestione e pianificazione comunale bisogna ricercare soluzioni progettuali, tecnologiche ed impiantistiche innovative relative alla raccolta differenziata dei rifiuti, al riuso creativo dove possibile e al pretrattamento locale degli stessi per una migliore qualità delle frazioni merceologiche destinate a nuova vita.

Un altro nodo importante nella sfida alla riduzione dei rifiuti domestici riguarda il coinvolgimento del cit-

tadino-utente. Tutti concordano sul fatto che si tratta di un passaggio obbligato, ma cosa significa coinvolgimento e, soprattutto, come si ottiene? Le imposizioni ope legis, pur essendo una base imprescindibile, non bastano; anche l'informazione capillare, multimediale e ricorsiva è uno strumento di cui non si può fare a meno, e lo stesso si può dire per l'educazione ambientale nelle scuole. Il coinvolgimento, però, è qualcosa di più: esso implica un dialogo fra cittadino e personale del servizio di nettezza urbana; comporta la decisione, liberamente presa, di aderire a un programma di raccolta differenziata; significa seguire il ciclo di vita del rifiuto dal momento in cui nasce (imballaggio) fino al momento in cui viene eliminato (riciclaggio, smaltimento). Alla luce di questi criteri, sono ben poche in Italia le esperienze di coinvolgimento in senso pieno. C'è resistenza ad attuarle perché richiedono molte energie umane, hanno tempi di risposta lunghi e gli esiti possono essere ben diversi da quelli attesi: basti pensare ai casi in cui bisogna decidere la localizzazione di una discarica o di un inceneritore.

Nel panorama internazionale esistono esperienze originali di coinvolgimento dei cittadini. Pur nella varietà delle storie, esse sono riconducibili a due modelli: quello diretto, nel quale l'amministrazione locale si assume tutto l'impegno di comunicare con i cittadini, e quello mediato nel quale vi sono figure sociali (ecovolontari, professionisti, spazzini di quartiere...) incaricate di fare da tramite. Il coinvolgimento, però, non si realizza in uno spazio vuoto: conta l'assetto territoriale e contano le scelte politiche (ad esempio sul sistema di raccolta), rispetto alle quali il cittadino sembra avere un ruolo piuttosto indefinito. Solo quando, invece, egli sarà davvero consapevole e partecipe anche a questo livello, si potrà parlare di un vero coinvolgimento.

È importante, quindi, introdurre nella gestione dei rifiuti urbani un set di strumenti e di metodologie per la partecipazione attiva dei cittadini. È importante adottare processi e tecnologie per il coinvolgimento delle utenze al fine di migliorare l'efficienza e la qualità del servizio di raccolta, al fine di innalzare il livello di consapevolezza ed informazione dei cittadini e di formazione degli operatori e, non ultimo, per raggiungere l'obiettivo di gestione dinamica dell'intera filiera dei rifiuti. Indicazioni e soluzioni per un sistema di smart waste che ponga come centralità la relazione utility-cittadino nella gestione dei rifiuti.

4. Il monitoraggio nella gestione integrata dei rifiuti

Oggi una delle tecnologie più usate nella gestione smart dei rifiuti è la sensoristica RFID (Radio-frequency identification). Attraverso questa tecnologia è possibile identificare le utenze e memorizzare in modo automatico l'avvenuta raccolta differenziata associata ad ognuno di essi; se associata ad un localizzatore GPS è in grado anche di geo-localizzare l'utenza e quindi di associare alla tipologia di rifiuto raccolto il luogo e il momento di svolgimento del servizio. Questa tecnologia, pertanto, è utilizzata, da un numero sempre più numeroso di Comuni, per il monitoraggio del servizio di raccolta e del comportamento delle utenze servite.

L'RFID, con la sua capacità di tracciare in modo automatico e massivo i contenitori dei rifiuti, è la "porta tecnologica" per accedere ad un sistema di calcolo della tassa sui rifiuti più preciso ed equo (Tariffa Puntuale), basato sul numero effettivo dei ritiri di rifiuti: così facendo, l'utente è più incentivato a selezionare i diversi tipi di materiali (es. carta, vetro, metallo, plastica, non-riciclabile), in modo da ridurre al minimo la quantità dei rifiuti residui da smaltire e, quindi, contenere anche la relativa tassazione, il tutto a basso costo di personale per l'ente preposto al servizio di raccolta dei rifiuti, igiene urbana ed ambiente.

La tracciabilità dei rifiuti, in sacchetti mastelli o contenitori carrellabili, trova nell'RFID lo strumento tecnologico ideale: identificazione fissa e mobile, dati esatti raccolti in automatico per il calcolo della tariffa precisa, stimolo a comportamenti virtuosi degli utenti e rapidità nelle operazioni di prelievo sono alcuni dei plus distintivi che rendono la gestione dei rifiuti smart, resa possibile grazie alle capacità prestazionali di questa tecnologia, con sistemi ritagliati ad hoc per questo comparto.

Inserita nella più ampia cornice delle smart cities, la gestione intelligente dei rifiuti, dal loro conferimento alla raccolta e relativo smaltimento, è uno dei temi più attuali, in cui la tecnologia svolge un ruolo abilitante nei nuovi scenari qualitativi della vita in città: RFID, sensoristica, NFC (Near Field Communication) ed IoT (Internet of Things) sono componenti tecnologiche integrabili in un'ampia visione delle città del futuro.

L’RFID, con la sua capacità di tracciare in modo automatico e massivo i contenitori dei rifiuti, è la “porta tecnologica” per accedere ad un sistema di controllo dei comportamenti delle utenze e degli operatori ecologici, oltre che di calcolo della tassa sui rifiuti più preciso ed equo (Tariffa Puntuale), basato sul numero effettivo dei ritiri di rifiuti. Così facendo, l’utente è più incentivato a selezionare i diversi tipi di materiali, in modo da ridurre al minimo la quantità dei rifiuti residui da smaltire e, quindi, contenere anche la relativa tassazione, il tutto a basso costo di personale per l’ente preposto al servizio di raccolta dei rifiuti, igiene urbana ed ambiente.

In base al tipo di organizzazione e di rifiuti, esistono differenti contenitori: sacchetti, mastelli, bidoncini, bidoni e carrellabile in generale, con capacità variabile. Adattandosi ai diversi possibili scenari applicativi, anche il sistema RFID può prevedere l’apposizione dei tag/transponder, il cui microchip è associato al Codice Utente di ogni cittadino, sui sacchetti (tag a perdere), oppure sui bidoncini/mastelli di plastica (tag a recupero).

La rilevazione e l’identificazione dei sacchi e/o dei contenitori avviene al momento del prelievo in diverse modalità (identificazione volontaria, ossia tramite un operatore, oppure automatica; identificazione fissa oppure mobile ed identificazione massiva degli item, quando più sacchetti sono contemporaneamente tracciati), i dati raccolti sono poi trasmessi automaticamente al sistema informatico del Comune o dell’ente preposto al monitoraggio e all’emissione delle bollette, che registra il codice utente, la data e l’ora del ritiro, la posizione geografica, il veicolo e l’operatore che hanno effettuato il servizio, attribuendo così i quantitativi e di conseguenza la precisa tassazione al relativo utente. Punto di partenza di un sistema eco-sostenibile e virtuoso della gestione rifiuti è il comportamento del cittadino, che deve differenziare correttamente già a casa i rifiuti prodotti, conferendoli in appositi ed altrettanto differenti contenitori.



Figura 1. Scenario gestione raccolta rifiuti con sistema RFID

L’associazione logica, ossia il legare il codice identificativo univoco racchiuso nella memoria elettronica del tag RFID al singolo utente, può essere contestuale all’associazione fisica, e cioè:

- per i sacchetti, durante il processo della loro produzione, il tag può essere automaticamente applicato ad ognuno di essi; il tag (o i rotoli di sacchetti) può poi riportare “in chiaro” un numero progressivo identificativo, per consentire nelle fasi successive una facile associazione sacchetto/utente;
- nel caso di contenitori di plastica (o di metallo), durante la produzione dei contenitori, il tag può essere “annegato” all’interno delle plastiche del recipiente oppure fissato allo stesso. La soluzione tecnologica può essere introdotta anche a postumi della produzione, applicando cioè il tag RFID in una posizione convenzionale sui contenitori già esistenti ed in uso: l’operatore provvede così ad associare “sul campo” il codice del tag all’utente grazie a dispositivi RFID mobili, che trasferiscono poi i dati sul server centrale in loco oppure da remoto, in base alle necessità del gestore.

Una volta apposto di tag RFID, i sacchetti e contenitori sono consegnati agli utenti, che li utilizzeranno in seguito per conferire i rifiuti differenziati, nel giorno ed ora prestabiliti da apposito calendario, per la durata di tutto il servizio.

Nella fase di raccolta dei rifiuti con il sistema porta a porta (che è dimostrato essere quello più efficace), la tecnologia RFID entra nel vivo della gestione esprimendo le sue doti prestazionali nel rilevare in modo automatico l'utenza, il rifiuto, il luogo e l'operatore. In particolare, la rivelazione è implicita (detta anche hand-free) quando l'operatore preleva i sacchetti con tag RFID da bordo strada e li conferisce nel cassone del mezzo, equipaggiato con reader ed antenne RFID, come d'abitudine e senza alcuna operazione aggiuntiva. Si parla invece di rilevazione esplicita, ossia volontaria, quando l'operatore identifica i contenitori (dotati di tag) con un apparato mobile RFID, prelevando i sacchetti e contenitori da bordo strada e riversandoli nel cassone del mezzo con i criteri abituali: una soluzione, questa, adottata nel caso in cui l'accesso all'automezzo non è consentito, oppure come sistema di backup.

I dati raccolti "sul campo" possono essere memorizzati all'interno di una memoria di massa removibile (es. memory card o chiavetta USB), per poi essere trasferiti su un PC in sede al rientro dell'automezzo dalla missione. In alternativa, questi preziosi dati possono essere memorizzati all'interno del controller RFID e trasferiti poi localmente sul server centrale tramite WiFi, al rientro dalla missione di prelievo, oppure trasmessi in tempo reale con una comunicazione remota sul server centrale via mobile (GSM/GPRS). A questo punto i dati sono acquisiti dal server generale ed è possibile utilizzarli per monitorare il servizio e per calcolare la produzione per singola utenza e quindi per attribuire la tariffa puntualmente.

Attraverso la tecnologia RFID e l'ausilio del GPS si ottiene anche la reportistica dei percorsi effettuati dagli operatori e quindi la mappatura del servizio, utili per migliorare l'efficienza della raccolta e per individuare anomali e problemi in anticipo.

L'utilità del monitoraggio e della gestione smart è intuibile, ma ancora più interessanti potrebbero essere gli usi della tecnologia al fine di aumentare l'interattività del servizio e quindi il coinvolgimento attivo della popolazione attraverso banali applicazioni di visualizzazione ed interazione dei dati raccolti con il monitoraggio, oppure al fine di avere sempre più una conoscenza puntuale e specifica dei rifiuti prodotti e della filiera ad essi connessa. In particolare i dati reperiti, con sistemi di monitoraggio smart, associati ad un sistema GIS potrebbero aumentare il raggio di azione e di perfezionamento della governance e della pianificazione urbana relativa alla gestione integrata dei rifiuti.

5. Il GIS come supporto della smart governance dei rifiuti

Il data-base digitale può essere progettato in funzione dei dati a disposizione delle amministrazioni comunali che attuano il monitoraggio delle utenze e dei rifiuti differenziati (monitoraggio della raccolta e degli operatori/mezzi). Deve, quindi, essere progettato seguendo la stessa struttura del sistema informatizzato di monitoraggio, considerando la municipalità come entità centrale dei diversi gruppi di informazione.

Al fine di assicurare la facilità di uso del data-base, sia nella fase di immissione dei dati che in quella di interrogazione attraverso funzioni personalizzate ed appositi strumenti di navigazione, nonché di realizzare un efficace interfaccia di supporto in ambiente GIS, si possono usare prodotti commerciali molto diffusi e compatibili con il GIS impiegato.

Il GIS deve quindi essere progettato con i seguenti obiettivi generali:

- costituire un esempio di utilizzo integrato di sistemi informativi territoriali e dei principi di gestione dei servizi ambientali per la valutazione dell'efficacia e dell'efficienza nella gestione tecnica dell'infrastruttura di raccolta dei rifiuti urbani;
- suggerire un possibile strumento organizzativo di sussidio alla gestione nell'ambito della Public Utilities;
- contribuire all'analisi del rapporto locale tra utenza e servizio di raccolta differenziata e indifferenziata consentendo di verificare l'esistenza di una corretta organizzazione del servizio stesso in relazione alla distribuzione dell'utenza domestica e commerciale e per verificare il livello di efficienza ed efficacia del piano di comunicazione e sensibilizzazione della popolazione.

Nello specifico il progetto di creazione ed implementazione di un sistema GIS deve perseguire i seguenti obiettivi specifici:

- consentire le elaborazioni delle informazioni cartografiche, già disponibili e/o provenienti da specifiche indagini di campagna e da specifici progetti;
- ottenere una vista geografica dei dati alfanumerici provenienti dal sistema di monitoraggio delle utenze e della raccolta ed effettuare le elaborazioni del caso utilizzando le potenzialità del GIS;
- fornire agli amministratori uno strumento di supporto alle decisioni nella pianificazione della gestione dei rifiuti a scala locale e nazionale;
- fornire alle utenze possibilità di interrogazioni sui livelli di raccolta e sulle specificità del sistema adottato, ma anche sulle situazioni di rischio ambientale ed economico del servizio di gestione dei rifiuti comunali;
- fornire ai gestori uno strumento di supporto alla valutazione del servizio offerto e del comportamento delle utenze, al fine di migliorare le azioni relative alla gestione dei rifiuti e alla comunicazione e sensibilizzazione delle utenze.



Figura 2. Schema logico del data-base

A livello operativo la costruzione del sistema GIS legato alla gestione integrata dei rifiuti può seguire le consecutive fasi:

- 1 organizzare la cartografia di base con le indicazioni delle strade e delle piazze, dei punti notevoli (edifici pubblici, punti di accumulo e di ritrovo, ecc), degli impianti/infrastrutture di riferimento (discariche, impianti di preselezione e trattamento, centri di raccolta, isole ecologiche, ecc), delle aree a rischio (discariche abusive, luoghi frequenti di conferimento improprio, ecc) e delle aree di pregio ambientale e paesaggistico (aree protette, siti vincolati, ecc);
- 2 riportare l'esatta ubicazione delle utenze domestiche e non domestiche, associare ad esse il numero e la tipologia di mastelli/bidoni posseduti (colore, grandezza e funzione attribuita), associare alle utenze le caratteristiche significative (numero di componenti della famiglia, superfici degli spazi abitati o utilizzati nel caso delle utenze non domestiche, tipologia delle attività svolte negli spazi, ecc);
- 3 attribuire ad ogni utenza, in base alla zona in cui ricade, la frequenza di raccolta per singola frazione

- merceologica di rifiuto differenziato, il giorno e la fascia oraria del servizio di raccolta dei rifiuti, altri servizi di zona che facilitano il conferimento corretto del materiale differenziato fuori dagli orari prestabiliti da calendario, il centro di raccolta di riferimento e la tassa annuale da pagare;
- 4 acquisire i dati del monitoraggio smart dei rifiuti, nello specifico acquisire per ogni utenza i dati relativi alla frequenza di conferimento, ai quantitativi di rifiuti differenziati per singola frazione merceologica, alle richieste specifiche avanzate, alle anomalie del servizio segnalate;
 - 5 acquisire i dati relativi ai mezzi e agli operatori coinvolti nel monitoraggio e riportare la mappatura dei percorsi effettuati e della loro frequenza, oltre che l'individuazione di interventi speciali di bonifica sul territorio comunale;
 - 6 acquisire archivi di diverso genere che possono risultare utili all'analisi e all'implementazione dei dati;
 - 7 normalizzare i dati caricati;
 - 8 pubblicare e condividere l'informazione generata;
 - 9 gestire e mantenere aggiornati i dati manualmente o con correlazioni automatiche legate al monitoraggio o altri sistemi GIS.

Le banche dati, disponibili e/o costruite, caricate sul sistema e associate alla cartografia possono dar vita ad uno strumento in grado di gestire informazioni strutturate, di renderle facilmente fruibili e se necessita tematiche a disposizione delle utenze e dei tecnici preposti alla pianificazione e alla gestione dei rifiuti. Il GIS diventa un vero e proprio sistema informativo territoriale sui rifiuti, indispensabile per la governance dei molteplici aspetti che entrano in gioco in una corretta politica di gestione integrata dei rifiuti. Per la progettazione del sistema si parte reperendo informazioni dei dati geografici e tabellari ritenuti rilevanti per l'implementazione del SIT, quindi si mettono in relazione i diversi dati in vista della costruzione di un modello concettuale e logico che possa rappresentare efficacemente la realtà. Attraverso l'integrazione nel SIT, partendo dai dati specifici del monitoraggio della gestione dei rifiuti e della produzione, e utilizzando tutte le banche dati che contengono un riferimento ad un indirizzo o all'utenza, appare chiaramente illimitata la descrizione che risulta possibile andare a compiere sui più svariati aspetti che interessano un territorio.

Bibliografia

- Alfeo M., Pasetto C., Razzino G., 2002, L'uso di un sistema informativo geografico per la gestione della raccolta dei rifiuti solidi urbani; *Atti della 6^a Conferenza Nazionale ASITA*, vol. I, pp. 101-106.
- Arici F., 2012, *I territori dei rifiuti. Tra urbanistica, ecologia ed infrastrutture della sostenibilità urbana*; Aracne, Roma.
- Bianchi D. (a cura di), 2008, *Il riciclo eco efficiente. Performance e scenari economici, ambientali ed energetici*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Cerrina Feroni G., 2014, *Produzione, gestione, smaltimento dei rifiuti in Italia, Francia e Germania tra diritto, tecnologia, politica*; Ed. Giappichelli, Torino.
- Iacovone D., 2014, *I servizi di pubblica utilità tra Stato, mercato, regolatore e consumatore*; Il Mulino, Bologna.
- Masciocchi P., 2012, *Come cambia la gestione dei rifiuti*; Il Sole 24 Ore, Milano.
- Osti G., 2002, *Il coinvolgimento dei cittadini nella gestione dei rifiuti*; Franco Angeli, Milano
- Pirlone F., 2015, *I rifiuti e i piani di gestione urbana all'interno della governance*; Franco Angeli, Milano.
- Riva Sanseverino E., Riva Sanseverino R., Vaccaro V. (a cura di), 2015, *Atlante delle smart city. Comunità intelligenti europee ed asiatiche*; 3 ed., Franco Angeli, Milano.
- Sherman, G., 2008, *Desktop GIS: Mapping the Planet with Open Source Tools*, Pragmatic Bookshelf.
- Viale G., 2008, *Azzerrare i rifiuti. Vecchie e nuove soluzioni per una produzione e un consumo sostenibili*; Bollati Boringhieri, Torino.