

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SALERNO**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'AMBIENTE E  
DEL TERRITORIO**

**TESI DI LAUREA  
IN  
INGEGNERIA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO**

**SIMULAZIONE DEL PROCESSO DI LOCALIZZAZIONE  
DI UN IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO SUL TERRITORIO  
DI UNA COMUNITÀ MONTANA**

**Relatore:**

**Ch.mo Prof.**

**Ing. Giovanni De Feo**

**Candidata:**

**Roberta Petrozziello**

**Matr. 567/000029**

**Anno Accademico 2005- 2006**



## INTRODUZIONE

Le problematiche connesse alla produzione dei rifiuti hanno assunto negli ultimi decenni proporzioni sempre maggiori in relazione al miglioramento delle condizioni economiche, al veloce progredire dello sviluppo industriale, all'incremento della popolazione e delle aree urbane. La produzione dei rifiuti ha infatti subito un progressivo aumento, sintomo della crescita economica e dell'aumento dei consumi. La diversificazione dei processi produttivi ha inoltre moltiplicato le tipologie di rifiuto, generando impatti sempre più pesanti sull'ambiente e sulla salute.

Con la produzione dei rifiuti, si pone ovviamente il problema della gestione e dello smaltimento eco-compatibile degli stessi; problema complesso da affrontare in chiave sociale, economica, ambientale, con l'obiettivo generale dell'uso razionale e sostenibile delle risorse. Una corretta politica di gestione dei rifiuti deve essere globale, attenta cioè a tutto il ciclo del prodotto che a fine vita diventa rifiuto. Per questo è importante agire sin dalla progettazione del bene e, successivamente, nelle varie fasi della sua vita: produzione, distribuzione e consumo.

È evidente quindi la necessità di azioni preventive finalizzate a diminuire la produzione dei rifiuti alla fonte, incoraggiare il recupero nelle forme del riutilizzo, del riciclaggio e del recupero energetico, in particolare incentivando le raccolte selettive. D'altra parte, è indispensabile garantire la sostenibilità dello smaltimento attraverso una rete di impianti dotati delle migliori tecnologie disponibili e di forme di recupero quali il trattamento con produzione di Cdr, Compost e recupero energetico. Pertanto, qualunque sia il modo di gestire i rifiuti, si ha la necessità di realizzare tipologie di impianti per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti stessi.

Il panorama nazionale dello smaltimento di rifiuti solidi urbani si presenta però caratterizzato da un grave ritardo di natura infrastrutturale, organizzativa e gestionale rispetto al quale si è cercato spesso di intervenire con soluzioni improntate all'emergenza, in grado di rinviare nel tempo un problema che, per gli enti locali e per gli stessi soggetti preposti alla raccolta e allo smaltimento, è divenuto ogni giorno più pressante.

Il problema della localizzazione degli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti sta assumendo progressivamente il ruolo di protagonista nell'ambito delle priorità gestionali del territorio, pertanto, il presente lavoro intende innanzitutto, definire e sviluppare una metodologia per la localizzazione di impianti per il trattamento e lo

smaltimento dei rifiuti e pone come obiettivo principale, l'applicazione del processo localizzativo elaborato, al caso studio della Provincia di Avellino, con riferimento al territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, per dimostrare l'effettiva applicabilità del processo ad un caso reale.

In particolare il processo di localizzazione è stato costruito con riferimento ad una sola tipologia d'impianto costituita dall'impianto di compostaggio, non perché non sia applicabile ad altre tipologie, ma la scelta è stata orientata verso l'impianto di compostaggio in quanto presenta caratteristiche tecnico-funzionali efficacemente compatibile con le caratteristiche e l'esigenze del nostro territorio.

La simulazione del processo di localizzazione di un impianto di compostaggio sul territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, è stata effettuata mediante l'ausilio di un software specifico, denominato *Expert Choice*.

L'Expert Choice è uno strumento di supporto decisionale basato sul processo di gerarchia analitica noto come AHP. Esso consente di individuare l'alternativa migliore tra quelle inserite, sulla base di una serie di criteri a cui i singoli decisori attribuiranno un peso con riferimento alle due alternative messe a confronto.

I metodi di confronto multicriteriali studiano, infatti, il problema decisionale confrontando più alternative di azione sulla base di diversi criteri di valutazione. Questi metodi consentono di generare dei veri e propri ordinamenti delle alternative, attribuendo a ciascuna di esse dei punteggi permettendo la valutazione delle priorità.

L'Expert Choice è quindi un software che supporta il decisore nella fase di attribuzione dei pesi alle singole alternative, consentendo da un lato la traduzione numerica delle preferenze qualitative espresse con i confronti a coppie e dall'altro la partecipazione del decisore al processo come soggetto indispensabile per raggiungere l'obiettivo fissato ossia l'individuazione, sul territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, del sito più idoneo per la localizzazione di un impianto di compostaggio. Quest'ultimo aspetto rappresenta sicuramente l'elemento più innovativo dell'intera procedura elaborata.

Il lavoro è articolato in 5 capitoli, l'ultimo dei quali destinato alle conclusioni, più un'appendice finale in cui vengono riportati i risultati e le fasi di applicazione del software Expert Choice con il quale, nel capitolo quarto, è stato simulato il caso studio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, inerente la localizzazione di un impianto di compostaggio.

Nel primo capitolo sono state analizzate le procedure di localizzazione degli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi, elaborate nei Piani Provinciali di Gestione dei Rifiuti (PPGR) di diverse Province italiane. L'analisi è stata condotta con riferimento a tre fasi essenziali, macrolocalizzazione, microlocalizzazione e analisi multicriteriale che ad oggi, costituiscono l'iter di base seguito da una qualsiasi procedura localizzativa. Essendo queste fasi sviluppate secondo criteri escludenti, penalizzanti e preferenziali, alla fine del capitolo viene fornita, per ciascuna tipologia di impianto, una panoramica di tali criteri. In questo capitolo, inoltre sono state sintetizzate le normative che a livello comunitario e nazionale affrontano il problema della gestione e della tutela dell'ambiente, indicando le competenze dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni come soggetti coinvolti nel processo di localizzazione.

Nel secondo capitolo, dopo una breve introduzione ai processi decisionali e alle tecniche di valutazione, viene presentata una panoramica dei diversi metodi di analisi multicriterio quali strumento di supporto alla decisione, focalizzando l'attenzione sulla logica del metodo AHP. La parte finale del capitolo è stata, invece, interamente dedicata alla descrizione del software Expert Choice, riportando un esempio di applicazione ad una situazione più comune e di più facile comprensione, rappresentata dall'acquisto di un'automobile per recarsi a lavoro. La scelta di effettuare una simulazione preliminare è stata un'intuizione eccellente, in quanto ha consentito di acquisire un numero maggiore di informazioni pratiche, circa la procedura alla base del software, rispetto a quanto ricavato dallo studio preliminare dei Tutorial.

Il terzo capitolo è stato, invece, interamente dedicato alla descrizione della procedura di localizzazione dell'impianto di compostaggio, evidenziando nella prima parte del capitolo gli aspetti fisico-chimici alla base del processo e le tecniche impiantistiche attualmente disponibili. Nella parte centrale, è stata invece, descritta la procedura di localizzazione di un impianto per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti, elaborata in precedenti applicazioni tecnico-scientifiche. Il capitolo si conclude con la descrizione dettagliata del processo elaborato, per la localizzazione specifica di un impianto di compostaggio, fornendo inoltre un elenco dei criteri di valutazione da considerare per il raggiungimento della miglior scelta condivisa.

Il quarto e il quinto capitolo concludono lo studio con l'applicazione del processo localizzativo al caso studio della Comunità Montana Serinese-Solofrana e lo sviluppo delle conclusioni. Il quarto capitolo costituisce quindi la sezione applicativa dell'intero lavoro,

caratterizzata dalla definizione dei criteri di valutazione, delle alternative localizzative e dalla elaborazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate, grazie alla partecipazione di decisori precedentemente selezionati tra soggetti tecnici e non tecnici. Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'applicazione della procedura elaborata e supportata dal software Expert Choice, è stato individuato, tra le quattro alternative selezionate, il sito più idoneo per la localizzazione dell'impianto ed inoltre è stato possibile intuire mediante l'individuazione dei criteri più gettonati, l'approccio mediamente adottato dalle due categorie decisionali simulate, evidenziando l'attendibilità della procedura in ambito tecnico e non tecnico.

## I. INDICE

Introduzione .....	1
1. Procedure di Localizzazione degli Impianti di Trattamento e Smaltimento dei Rifiuti Solidi	
1.1 Introduzione .....	5
1.2 Normativa Comunitaria .....	7
1.3 Normativa Nazionale .....	8
1.4 Decreto Legislativo 152/2006.....	11
1.4.1 Criteri di priorità nella gestione dei rifiuti .....	14
1.4.2 Smaltimento dei rifiuti .....	14
1.4.3 Competenze dello Stato .....	16
1.4.4 Competenze delle Regioni .....	20
1.4.5 Competenze delle Province .....	21
1.4.6 Competenze dei Comuni.....	23
1.4.7 Altre figure.....	24
1.5 Studio del territorio.....	26
1.6 Proposta metodologica per la localizzazione di un impianto di trattamento e smaltimento dei rifiuti .....	29
1.6.1 Macrolocalizzazione .....	34
1.6.2 Microlocalizzazione.....	35
1.7 Criteri di localizzazione degli impianti.....	36
1.7.1 Vincoli Escludenti per la macro e microlocalizzazione degli impianti di discarica .....	37
1.7.2 Criteri Penalizzanti e Preferenziali per la discarica .....	46
1.7.3 Vincoli Escludenti per la macro e microlocalizzazione di un impianto di termovalorizzazione.....	54
1.7.4 Criteri Penalizzanti e Preferenziali per il termovalorizzatore.....	56
1.7.5 Vincoli Escludenti per la macro e microlocalizzazione di un impianto di compostaggio .....	59
1.7.6 Criteri Penalizzanti e Preferenziali per l'impianto di compostaggio.....	60
2. Procedure di Selezione dei siti individuati	
2.1 Introduzione .....	63
2.2 Tecniche di valutazione .....	67
2.2.1 Analisi Costi Benefici.....	67
2.2.2 Analisi Multicriterio .....	72
2.3 Metodi Multicriterio .....	76
2.3.1 Definizioni e concetti base.....	76
2.3.2 Struttura dei metodi decisionali multicriterio .....	78
2.4 Metodi decisionali Multiattributo (MADM).....	82
2.4.1 Metodi MADM senza informazione dal decisore.....	86
2.4.2 Metodi MADM che utilizzano informazioni sugli attributi.....	91
2.4.2.1 Informazioni su livelli standard .....	91
2.4.2.2 Informazione Ordinale .....	94
2.4.2.3 Informazioni Cardinale .....	96

2.4.2.4 Tasso marginale di sostituzione.....	114
2.4.3 Metodi MADM che utilizzano informazioni sulle alternative.....	116
2.4.3.1 Preferenze tra coppie di alternative .....	116
2.5 Metodo AHP (Analytic Hierarchy Process) .....	118
2.5.1 Introduzione .....	118
2.5.2 La logica di AHP .....	120
2.5.3 Procedura pratica e dimensione applicativa dell'AHP .....	121
2.5.3.1 Costruzione della matrice dei confronti a coppie .....	123
2.5.3.2 Determinazione dei pesi locali.....	124
2.5.3.3 Determinazione dei pesi globali .....	129
2.5.3.4 Estensione del metodo: Caso delle matrici incomplete .....	129
2.5.3.5 Esempio di applicazione del Metodo AHP.....	130
2.5.4 Modalità di AHP .....	133
2.5.4.1 Pesi intrinseci e pesi specifici degli obiettivi.....	135
2.6 Expert Choice .....	141
2.6.1 Introduzione .....	141
2.6.2 Descrizione del Software .....	143
2.6.3 Confronti a coppie .....	146
2.6.4 Sintesi dei Risultati e Gestione delle Inconsistenze.....	149
2.6.5 Analisi di Sensitività.....	150
2.6.6 Applicazione dell'Expert Choice:"Acquisto di un'automobile per recarsi a lavoro" .....	152
3. Processo di Localizzazione di un Impianto di Compostaggio	
3.1 Introduzione .....	161
3.2 Compostaggio e tecniche impiantistiche .....	162
3.2.1 Introduzione .....	162
3.2.2 Rassegna delle Biomasse Compostabili .....	166
3.2.3 Parametri di Controllo .....	169
3.2.4 Tecniche Impiantistiche.....	172
3.2.4.1 Sistemi Intensivi ed Estensivi.....	175
3.2.4.2 Sistemi Chiusi e Aperti.....	176
3.2.4.3 Sistemi Statici e Dinamici.....	177
3.2.4.4 Sistemi Aerati e Non Aerati.....	179
3.2.4.5 Descrizione dei sistemi tecnologici .....	182
3.2.4.6 Pre-trattamenti, trattamenti intermedi e finali.....	194
3.3 Procedura di Localizzazione.....	196
3.3.1 Avvio della procedura di localizzazione: pubblicazione e illustrazione della stessa .....	202
3.3.2 Definizione del Gruppo di Lavoro.....	203
3.3.2.1 Struttura del Gruppo di Lavoro.....	205
3.3.2.2 Competenze generali delle figure professionali.....	206
3.3.3 Definizione della Commissione di Controllo .....	209
3.3.4 Presentazione del gruppo di lavoro e della commissione di controllo .....	210
3.3.5 Fase di Lavoro .....	210
3.3.6 Presentazione di documenti, studi, dossier ed altro materiale .....	211
3.3.7 Definizione dei Criteri .....	211
3.3.8 Definizione degli Indicatori .....	212
3.3.9 Relazione Tecnica per ogni sito.....	213

3.3.10 Scelta del Metodo .....	214
3.3.11 Misure di Compensazioni, Prescrizioni Territoriali e Ambientali.....	217
3.4 Procedura di Localizzazione di un impianto di compostaggio .....	219
4. Applicazione a casi reali simulati mediante l'utilizzo dell'Expert Choice	
4.1 Introduzione .....	231
4.2 Scelta dei Criteri di Valutazione .....	233
4.3 Scelta delle Alternative .....	242
4.4 Scelta dei Decisori .....	253
4.5 Scala delle Priorità .....	254
4.6 Elaborazione e discussione dei risultati .....	257
4.6.1 Classifica dei siti di localizzazione .....	262
4.6.2 Importanza attribuita ai criteri .....	290
4.6.3 Simulazione equilibrata e analisi delle inconsistenze.....	295
5. Conclusioni .....	303
Bibliografia .....	311
Appendice A - Esempio di Applicazione del software Expert Choice: “Acquisto di un'automobile per recarsi a Lavoro” .....	315
Appendice B - Documento Informativo “Linee Guida per il Decisore” .....	339
Appendice C - Descrizione delle simulazioni di localizzazione caricate nel software Expert Choice .....	363

## 5 CONCLUSIONI

Il principale obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di simulare l'applicazione di una procedura per la localizzazione di un impianto di compostaggio sul territorio di una Comunità Montana. Il tema della localizzazione dei siti è un tema di grande attualità, in quanto l'esigenza di acquisire nuove aree in cui trattare o smaltire i rifiuti a causa ad esempio dell'aumento della produzione di rifiuti a livello nazionale, dell'esaurimento di alcuni impianti, dell'obsolescenza di altre tipologie di impianto, interessa ogni società civile che intenda gestire al meglio il proprio territorio.

L'idea di far riferimento alla Comunità Montana è nata, invece, da una semplice considerazione fatta a seguito di uno studio della gestione del territorio della Provincia di Avellino, costituita da 119 comuni organizzati in sei comunità montane. La Comunità Montana Serinese-Solofrana, a cui si fa riferimento, comprende 12 comuni per un totale di circa 70000 abitanti. La scelta di definire come dimensione territoriale di riferimento, la Comunità Montana Serinese-Solofrana, è stata effettuata osservando che, la sua dimensione è tale da fornire proprio il quantitativo necessario per alimentare un impianto da 20 t/d, di quelli, per intenderci, che sono programmati nella Regione Campania. La popolazione di riferimento per un tale impianto, infatti, è intorno ai 70000 abitanti e la Provincia di Avellino necessita di almeno 6 impianti per coprire l'intera richiesta, in media uno per ogni Comunità.

L'intuizione di scegliere come ambito territoriale di riferimento, una Comunità Montana risulta quindi alquanto corretta non solo per le limitate dimensioni che garantiscono un'analisi di maggior dettaglio del territorio ma soprattutto per il ruolo di coordinamento che potrebbe ricoprire nella gestione locale del problema rifiuti. Un aspetto, in particolare, rafforza e avvalorata la nostra scelta. La difficoltà che si ha nel reperire il materiale ligno-cellulosico (il cosiddetto strutturante) per formare la miscela di partenza per la produzione di compost. Ebbene, compito precipuo degli operai della Comunità Montana, a tal fine denominati idraulico-forestali, è proprio quello di mantenere le zone boschive eseguendo operazioni di potatura e sfalcio, in maniera corrente. Un approccio integrato, pertanto, che consente di inviare un prodotto in uscita da una fase, e che costituirebbe un sottoprodotto da smaltire, in ingresso ad un'altra fase (il compostaggio), per la quale altrimenti ci sarebbe stata una carenza di questo materiale.

L'idea quindi di affrontare e simulare un processo di localizzazione di un impianto di compostaggio sul territorio di una Comunità Montana costituisce un primo passo per l'attrezzamento del territorio fornendo quindi un valido contributo alla gestione locale dei rifiuti. L'obiettivo formale di questo lavoro è individuare, sul territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, un sito che risulti idoneo per ospitare un impianto di compostaggio; l'intento "più profondo" è invece dimostrare l'applicazione di una procedura localizzativa, basata sul coinvolgimento diretto di Tecnici, Amministratori e Cittadini anche sul nostro territorio.

L'elemento chiave per la soluzione del problema di localizzazione è adottare un approccio che affronti vincoli e limitazioni di varia natura: fisici, tecnici, ambientali, ma anche sociali, economici e politici. Le valutazioni esclusivamente tecniche sono necessarie ma, a livello strategico, non sono sufficienti occorre infatti inserirle in un contesto dialettico aperto alla partecipazione, per stimolare la discussione pubblica.

Il processo di localizzazione adottato, rispecchia una procedura comune ormai consolidata a livello nazionale. La struttura del processo di individuazione del sito più idoneo si compone infatti di quattro fasi:

- 1) Macrolocalizzazione;
- 2) Microlocalizzazione;
- 3) Confronto tra siti potenzialmente idonei;
- 4) Progettazione di massima dell'impianto e studio di impatto ambientale sul progetto preliminare.

Nella fase di macrolocalizzazione si applicano criteri che hanno valenza di vincolo assoluto (*fattori escludenti*) e eventualmente criteri che possono condizionare la scelta o costituire un'opportunità di localizzazione degli impianti, cioè i *fattori penalizzanti* e i *fattori preferenziali*. Nella fase di microlocalizzazione, invece, si applicano i fattori escludenti già individuati per la fase di macrolocalizzazione, che necessitano di una verifica puntuale e si considerano quei fattori che, per mancanza di informazioni omogenee, non sono stati applicati nella fase precedente. Il risultato finale del processo di microlocalizzazione è l'indicazione di una rosa di siti, rispondenti a tutti i criteri di piano, che devono essere messi a confronto, allo scopo di individuare il sito che presenta la minore vulnerabilità ambientale. Il confronto viene condotto a partire dai fattori

preferenziali e penalizzanti dei rispettivi siti, il numero dei quali deve essere non elevato così da gestire la fase finale del processo di localizzazione con una gamma di informazioni ragionevolmente ottenibile, minimizzando altresì i tempi richiesti.

La scelta del sito, tra quelli appartenenti alla rosa ristretta, attraverso l'analisi comparativa non può essere affrontata impiegando una metodologia di valutazione che utilizzi come metro di confronto esclusivamente criteri monodimensionali quali possono essere, ad esempio, quelli tecnici o economici. Una simile metodologia, infatti, non risulta tenere conto dei tanti aspetti importanti che presenta la realtà quali sono, ad esempio, quelli che riguardano l'atteggiamento della collettività verso iniziative a forte impatto sulla qualità della propria vita o la compatibilità di interventi a forte valore industriale con l'assetto e la vocazione del territorio.

Le tematiche ambientali, proprio per il fatto che tendono ad assommare nei processi di scelta una pluralità estremamente diversificata di aspetti e fattori, necessitano di strumenti di analisi che tendano a recuperare, in un unico modello interpretativo, le diverse esigenze sia dei soggetti attivi che partecipano alla formulazione della decisione sia di quelli passivi che subiscono le conseguenze delle scelte dei primi

Da quanto detto si evince che, mentre le fasi di micro e macrolocalizzazione assumono un ruolo ormai saldo all'interno della procedura, rimane invece indeterminato il ruolo assunto dalla fase di confronto tra i siti potenzialmente idonei per supportare la scelta attraverso una procedura fondata sulla trasparenza e sulla partecipazione. Una possibilità, per compiere quest'ulteriore e decisivo passo, potrebbe essere quella di utilizzare l'analisi multicriterio.

L'analisi multicriterio è tra gli strumenti che consentono il confronto tra le diverse alternative attraverso l'evidenziazione delle diverse implicazioni che intervengono nella scelta di una soluzione. Tale strumento non solo rappresenta uno degli approcci che negli ultimi anni è stato maggiormente apprezzato sia in termini di flessibilità che di efficacia, ma meglio si presta nel confronto tra soluzioni alternative nell'ambito dei processi di mediazione e di negoziazione tra interessi e valori diversi. L'analisi multicriterio è una tecnica di valutazione, ovvero uno strumento di supporto alla decisione, che attraverso l'applicazione di un metodo deduce in modo argomentato una graduatoria di priorità tra alternative. Gli approcci seguiti nell'ambito dei processi decisionali multicriterio sono riconducibili a due filoni di ricerca:

- Metodi di Analisi **Multiattributo** (MultiAttribute Decision Making, **MADM**), i quali consentono la selezione tra un numero finito di alternative discrete;
- Metodi di Analisi **Multiobiettivo** (MultiObjective Decision Making, **MODM**) i quali consentono la progettazione della miglior alternativa, tra infinite alternative conosciute in maniera implicita.

Per l'oggetto del nostro lavoro, individuazione di siti potenzialmente idonei per la localizzazione di un impianto di compostaggio, si farà riferimento ai metodi multicriterio rimanendo esclusivamente nell'ambito dei metodi MADM. Tra questi, il metodo risultato più adatto per supportare il decisore nella scelta è il *metodo AHP*, appartenente alla categoria di metodi multiattributo che utilizzano informazioni sui criteri.

Il metodo AHP si basa sulla strutturazione gerarchica del problema da affrontare ponendo su diversi livelli gli elementi che entrano in gioco nel processo decisionale: tutti gli elementi in gioco vengono confrontati a coppie tra di loro per stabilire quali di essi è più importante e in che misura. Con il confronto, quindi, si deduce l'importanza (peso) degli elementi di un solo livello rispetto ad ogni elemento del livello sovraordinato.

Lo strumento di supporto scelto per l'applicazione del processo di gerarchia analitica noto come AHP alla procedura di localizzazione dell'impianto è costituito da un software specifico denominato *Expert Choice*. L'Expert Choice consente infatti di individuare l'alternativa migliore tra quelle inserite, sulla base di una serie di criteri a cui i singoli decisori attribuiranno un peso in riferimento alle due alternative messe a confronto. Il software scelto, quindi supporta il decisore nella fase di attribuzione dei pesi alle singole alternative consentendo una traduzione numerica delle preferenze qualitative espresse con i confronti a coppie.

Il software richiede innanzitutto, la costruzione di una gerarchia che consente di scomporre la decisione in vari livelli, dove il primo rappresenta l'obiettivo del problema, comunemente indicato con il termine Goal, il secondo è invece rappresentativo dei criteri e dei sub-criteri necessari per il raggiungimento dell'obiettivo principale della valutazione gerarchica. I criteri e i sub-criteri, a loro volta possono essere ulteriormente scomposti fino a raggiungere il livello di dettaglio desiderato. L'ultimo livello fa invece riferimento alle alternative in esame.

Per l'applicazione del software alla localizzazione dell'impianto di compostaggio, è stato quindi necessario definire innanzitutto i criteri di valutazione e le alternative

localizzative. La definizione dei criteri è stata effettuata sulla base di una analisi dettagliata delle caratteristiche del territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana e del tipo d'impianto che s'intende realizzare su tale territorio. I risultati di questa analisi sono stati tradotti in 10 criteri di localizzazione e hanno inoltre contribuito, insieme alla conoscenza diretta del territorio, ad individuare 4 alternative corrispondenti ai 4 possibili siti di localizzazione dell'impianto, ricadenti nei comuni di Cesinali, Monteforte Irpino, Montoro Superiore e Serino. I 10 criteri di valutazione selezionati per la localizzazione dell'impianto di compostaggio sono:

- *Densità di popolazione del Comune;*
- *Distanza dall'autostrada;*
- *Baricentricità rispetto alla produzione dei rifiuti;*
- *Interferenza del traffico aggiuntivo con la viabilità locale;*
- *Accessibilità;*
- *Capacità di ripartizione del traffico;*
- *Costo finanziario di acquisizione delle aree;*
- *Possibile diminuzione dei valori immobiliari;*
- *Assenza di aree di pregio;*
- *Assenza di impianti a forte impatto ambientale.*

Costruita la gerarchia per la localizzazione dell'impianto sul territorio della Comunità Montana Serinese-Solofrana, il software richiede l'esecuzione dei confronti a coppie per stabilire le priorità del modello mediante l'attribuzione dei pesi ai 10 criteri selezionati. È stato quindi necessario individuare come soggetti indispensabili per il completamento del processo, un campione di decisori opportunamente selezionati.

Inizialmente la procedura era stata elaborata per la partecipazione di 26 decisori scelti tra Amministratori e Cittadini: 12 a rappresentare le giunte dei Comuni, 12 Presidenti (o Vice-Presidenti) delle Pro Loco, l'Assessore all'Ambiente della Provincia di Avellino e il Presidente della Comunità Montana Serinese-Solofrana. A questi 26 decisori era stato destinato un documento informativo denominato "1 IMPIANTO x 1 COMUNITÀ", elaborato come linee guida per il decisore. Il grande successo riscontrato dalla iniziativa in una fase preliminare di divulgazione del documento informativo, limitata a pochi soggetti, uno tra tutti, il Presidente della Comunità Montana Serinese-Solofrana ci aveva fatto sperare che in

tempi brevi sarebbe stata effettuata la simulazione del processo localizzativo riuscendo a coinvolgere molti dei 26 decisori selezionati.

A causa di problemi pratici connessi a impegni ufficiali dei soggetti politici invitati a partecipare al processo, tale attività è stata per il momento rinviata, dedicando la parte applicativa del lavoro ad una simulazione di verifica della effettiva applicabilità della procedura, in attesa di “imbarcarci” in un progetto tanto ambizioso quanto fattibile.

La simulazione di verifica è stata effettuata coinvolgendo 30 decisori, suddivisi in 15 soggetti tecnici selezionati tra gli studenti del Corso di Laurea Specialistica di Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio e 15 soggetti scelti a caso, definiti non tecnici in quanto non in possesso di conoscenze specifiche per effettuare una valutazione tecnica del problema di localizzazione degli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti.

Ai decisori tecnici e non tecnici è stato reso disponibile il documento informativo destinato ai 26 decisori selezionati tra Amministratori e Pro Loco. Il documento informativo nato come guida per il decisore, contiene:

- Informazioni generali sul processo di compostaggio e sulle tipologie impiantistiche generalmente adottate;
- Descrizione del problema di localizzazione degli impianti e dell’approccio multicriteriale adottato con riferimento al software Expert Choice;
- Informazioni pratiche sulla compilazione della Scala delle Priorità;
- Descrizione dei 10 criteri di valutazione e indicazione dei pesi attribuiti a ciascun criterio;
- Vista dal satellite dei 4 siti di localizzazione.

L’elemento più innovativo della procedura localizzativa elaborata è rappresentato dalla *Scala delle Priorità* che costituisce lo strumento di coinvolgimento del decisore al processo. L’idea di coinvolgere il decisore mediante la compilazione di una scheda è nata dalla difficoltà di coinvolgere direttamente lo stesso nei 45 confronti a coppie previsti dal software, per arrivare ad attribuire l’importanza relativa di ogni criterio rispetto agli altri. Il decisore, in pratica, non è chiamato ad operare direttamente i 45 confronti a coppie ma si limiterà a fornire una scala delle priorità dei 10 criteri di valutazione, compilata rispettando le seguenti regole:

- Distribuire i 10 criteri su 5 livelli, in ordine di importanza decrescente;
- I criteri posti sullo stesso livello avranno la stessa importanza;
- Nessun criterio dovrà essere ripetuto.

Ogni singola Scala delle Priorità verrà trasformata nei 10 pesi che contribuiranno a determinare la migliore scelta localizzativa per ognuno dei decisori coinvolti, associando i 5 livelli d'importanza rappresentati mediante i gradini della scala, ai 5 termini di paragone del software: *Equal* (Uguale), *Moderate* (Moderata), *Strong* (Forte), *Very Strong* (Molto Forte) ed *Extreme* (Estrema). Tale associazione consente di eseguire i 45 confronti a coppie dei 10 criteri rispetto al Goal che insieme ai 6 confronti effettuati tra le 4 alternative per ciascun criterio, raggiungono un totale di 105 confronti a coppie effettuati per ciascun decisore. Ciò indica che al termine della simulazione di verifica, effettuata attraverso il coinvolgimento dei 30 decisori, saranno stati eseguiti dal software 3150 confronti a coppie.

Dai risultati elaborati dal software il sito vincente ai fini della localizzazione dell'impianto di compostaggio, corrisponde al sito di Serino. L'individuazione del sito più idoneo, in realtà non rappresenta il risultato più importante ottenuto dalla simulazione del processo localizzativo. Infatti sulla base dei risultati ottenuti e sulla base dell'ordine di preferibilità attribuito da ciascun decisore ai 10 criteri di valutazione, è stato possibile innanzitutto individuare tra i 10 criteri quello a cui è stato maggiormente attribuito un livello d'importanza più alto, sia in funzione del numero di giudizi che in termini di pesi.

La valutazione dell'importanza attribuita a ciascun criterio è stata inoltre effettuata anche in termini di pesi complessivi, calcolando appunto il peso attribuito complessivamente dal software a ciascun criterio, individuando quindi per le due categorie simulate i criteri più gettonati. Dall'analisi dei risultati ottenuti, si evince che per entrambe le categorie simulate, il criterio in assoluto più gettonato è rappresentato dall'assenza di aree di pregio, seguito dalla baricentricità rispetto alla produzione dei rifiuti, per i decisori tecnici e dalla capacità di ripartizione del traffico, per i decisori non tecnici, il criterio invece meno gettonato per entrambe le categorie simulate è costituito dalla densità di popolazione. La classifica dei criteri più gettonati, rispecchia quindi l'approccio adottato dalle due categorie simulate nel processo localizzativo cui partecipano come parte attiva.

Le 30 simulazioni effettuate con il coinvolgimento dei decisori sono state inoltre confrontate con una simulazione definita equilibrata, effettuata pesando tutti i criteri allo stesso modo ed attribuendo loro un punteggio pari a 0,1. Noti i pesi assunti dai 10 criteri

nelle 30 simulazioni, effettuate coinvolgendo soggetti tecnici e non tecnici, è stato possibile confrontare ogni simulazione già implementata, con la simulazione equilibrata, valutando attraverso un indice pari allo scarto quadratico medio, di quanto ciascun decisore si discosta dalla condizione equilibrata. Dall'analisi dei risultati si evince che l'indice di discostamento rispetto alla simulazione equilibrata risulta molto basso per entrambe le categorie simulate, ciò significa che il singolo decisore ha affrontato il problema della localizzazione dell'impianto di compostaggio, con un approccio non così distante, da quello assunto da un decisore equilibrato.

È possibile effettuare queste stesse considerazioni attraverso l'analisi delle inconsistenze fornite dal software. L'Expert Choice fornisce, infatti, oltre ai pesi dei criteri e delle alternative, un indice di inconsistenza per ogni simulazione effettuata, rappresentativo del grado di incoerenza raggiunto dal singolo decisore nella fase di attribuzione dei pesi a ciascun criterio, fase costituita nella procedura adottata, dalla compilazione della scala delle priorità, che consente di ridurre il grado di incoerenza, in quanto guida il decisore nella scelta di una distribuzione più razionale dei criteri di valutazione. Noto il limite massimo di inconsistenza assunto accettabile dalla procedura pari a 0,1 e noto il valore assunto dall'indice di inconsistenza nella simulazione equilibrata pari a zero, dall'analisi delle 30 simulazioni si osserva che in nessuna di esse si raggiunge un livello di incoerenza superiore a 0,1, ma il valore massimo registrato è di 0,05. Ciò conferma il minimo discostamento registrato tra le simulazioni tecniche e non tecniche dalla simulazione equilibrata.

Dall'analisi delle inconsistenze è stato inoltre possibile dimostrare l'attendibilità della procedura per entrambe le simulazioni effettuate. Calcolando infatti la media delle inconsistenze corrispondenti a ciascun decisore, è stato ottenuto un valore identico. Ciò indica che la scelta di coinvolgere anche decisori non tecnici nel processo di localizzazione non rappresenta una scelta in contrasto con la natura del processo, ma al contrario consente di dimostrare la natura eclettica del procedimento, che risulta adatto sia per la partecipazione di soggetti tecnici che di soggetti non tecnici.

Il risultato più importante raggiunto attraverso lo sviluppo di questo lavoro, è sicuramente rappresentato dal fatto di aver simulato il processo di localizzazione di un impianto per il trattamento dei rifiuti attraverso l'ausilio di procedure tecnico-amministrative che coinvolgono decisori tecnici e non tecnici individuando quindi un efficace sistema di interazione tra le diverse parti in causa.