

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

*CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE*

DICAM

**TESI DI LAUREA**

in

Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie LS

**ANALISI DI SOSTENIBILITÀ DEL SISTEMA DI GESTIONE DEI RIFIUTI SOLIDI  
IN BAALBEK (LIBANO): VALUTAZIONI ECONOMICO-FINANZIARIE,  
QUANTIFICAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI MEDIANTE LCA E  
CONSIDERAZIONI DI NATURA SOCIALE ED ISTITUZIONALE**

CANDIDATO:  
Carmen Bovi

RELATORE:  
Chiar.ma Prof.ssa Alessandra Bonoli

CORRELATORI:  
Ing. Paolo Neri  
Ing. Rosangela Spinelli

Anno Accademico 2013/2014

Sessione I



*Alla mia famiglia*

*Alle mie nonne*



# Indice

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>1 IL WASTE COMPOUND DI BAALBEK (LIBANO)</b>	<b>3</b>
<b>1.1 PRATICHE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO PRECEDENTI AL WASTE COMPOUND</b>	<b>4</b>
<b>1.2 CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI</b>	<b>8</b>
1.2.1 RIFIUTI DA AMBIENTE DOMESTICO	9
1.2.2 RIFIUTI DA ATTIVITÀ COMMERCIALI	9
1.2.3 RIFIUTI DA SERVIZI ISTITUZIONALI	9
1.2.4 RIFIUTI DERIVANTI DA SERVIZI COMUNALI	9
1.2.5 RIFIUTI DA ATTIVITÀ AGRICOLE O AGROINDUSTRIALI	10
<b>1.3 TASSO DI GENERAZIONE DEI RIFIUTI</b>	<b>10</b>
<b>1.4 COMPONENTI DEL WASTE COMPOUND</b>	<b>14</b>
1.4.1 IMPIANTO PER IL TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO	14
1.4.1.1 Area di arrivo e Tipping Floor	14
1.4.1.2 Processo di Classificazione	15
1.4.1.3 Processo di Compostaggio	22
1.4.1.4 Materiali riciclabili e di scarto	28
1.4.1.5 Strumentazione per il controllo degli odori	28
1.4.1.6 Problemi di Salute e Sicurezza	32
1.4.2 DISCARICA SANITARIA	32
1.4.2.1 Preparazione del sito e costruzione della Discarica	34
1.4.2.2 Copertura giornaliera	35
1.4.3 IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS	35
1.4.3.1 Tecnologia selezionata	36
1.4.3.2 Il processo	37
1.4.3.3 Espansione modulare	37
1.4.3.4 Sistema di riscaldamento a pareti e pavimento e le porte	37
1.4.3.5 Interazioni con MBTF	38
1.4.3.6 Efficienza di funzionamento	39
1.4.3.7 Controllo computerizzato	39
1.4.3.8 Sicurezza	39
1.4.3.9 Prodotti in uscita	39
<b>1.5 POSSIBILI SVILUPPI FUTURI: LINEA DI COMPOSTAGGIO DELL'ORGANICO PULITO DI PROVENIENZA AGROALIMENTARE</b>	<b>40</b>
1.5.1 I RIFIUTI PROVENIENTI DAL SETTORE AGROALIMENTARE	41
1.5.2 IL PROCESSO E LE MODIFICHE DI LAYOUT DELL'IMPIANTO	42
<b>1.6 IPOTESI DI GESTIONE</b>	<b>45</b>
1.6.1 IPOTESI 1: UNICA GESTIONE	45

1.6.2	IPOTESI 2: GESTIONE DIFFERENZIATA	48
1.6.3	IPOTESI 3: GESTIONE SEMI-DIFFERENZIATA	51
<b>2</b>	<b>VALUTAZIONI ECONOMICHE E FINANZIARIE SUGLI IMPIANTI DEL WASTE COMPOUND</b>	<b>53</b>
<b>2.1</b>	<b>I COSTI EVITATI</b>	<b>54</b>
<b>2.2</b>	<b>I PASSI NECESSARI PER ARRIVARE A DEFINIRE I COSTI D'IMPIANTO</b>	<b>55</b>
<b>2.3</b>	<b>COSTI PRELIMINARI E DI VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI</b>	<b>57</b>
<b>2.4</b>	<b>COSTI D'INVESTIMENTO DELL'IMPIANTO PER IL TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO DEI RSU E DELL'IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS</b>	<b>57</b>
<b>2.5</b>	<b>COSTI OPERATIVI E DI MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO PER IL TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO E DELL'IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS</b>	<b>61</b>
	COSTO DEL LAVORO	61
	ALTRE SPESE OPERATIVE E DI MANUTENZIONE	63
	COSTO DEI CONSUMI ELETTRICI	63
	AMMORTAMENTI IMPIANTI E ATTREZZATURE	67
<b>2.6</b>	<b>FONTI DI FINANZIAMENTO E RECUPERO DEI COSTI</b>	<b>72</b>
	COSTO DEL SERVIZIO DI TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DEI RSU DEL COMUNE DI BAALBEK	72
	RICAVI DERIVANTI DALLA VENDITA DEI MATERIALI RICICLABILI SELEZIONATI	73
	RICAVI POTENZIALI DERIVANTI DALLA VENDITA DEL COMPOST	74
	RICAVI DERIVANTI DALLA PRODUZIONE E VENDITA DI ENERGIA ELETTRICA	75
<b>2.7</b>	<b>COSTI D'INVESTIMENTO E OPERATIVI DELLA DISCARICA SANITARIA</b>	<b>76</b>
<b>2.8</b>	<b>POSSIBILI SVILUPPI FUTURI: INDIVIDUAZIONE DEGLI INVESTIMENTI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE NEL WASTE COMPOUND DELLA LINEA DI COMPOSTAGGIO DELL'ORGANICO PULITO</b>	<b>82</b>
<b>2.9</b>	<b>VALUTAZIONI ECONOMICHE E FINANZIARIE SULLA REDDITIVITÀ DELLE IPOTESI DI GESTIONE PROPOSTE</b>	<b>83</b>
<b>3</b>	<b>VALUTAZIONI SUGLI IMPATTI AMBIENTALI</b>	<b>101</b>
<b>3.1</b>	<b>LIFE CYCLE ASSESSMENT</b>	<b>101</b>
<b>3.2</b>	<b>LA METODOLOGIA DELL'ANALISI</b>	<b>102</b>
<b>3.3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO: LA SERIE ISO 14040</b>	<b>103</b>
<b>3.4</b>	<b>LE FASI DELL'LCA</b>	<b>104</b>
3.4.1	DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE	104
3.4.2	ANALISI DELL'INVENTARIO (LIFE CYCLE INVENTORY-LCI)	106
3.4.3	LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT-LCIA)	108
3.4.4	L'ANALISI DEI RISULTATI (LIFE CYCLE INTERPRETATION-LCI)	114
<b>3.5</b>	<b>IL SOFTWARE SIMAPRO 8.0.2</b>	<b>114</b>
3.5.1	DATABASE	117
3.5.2	METODI DI VALUTAZIONE	117
<b>3.6</b>	<b>LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELL'LCA AI SISTEMI DI GESTIONE DEI RIFIUTI</b>	<b>119</b>
<b>3.7</b>	<b>APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA LCA AL WASTE COMPOUND DI BAALBEK</b>	<b>124</b>
3.7.1	OBIETTIVO DELLO STUDIO E CAMPO DI APPLICAZIONE	124

3.7.1.1 Obiettivo	124
3.7.1.2 Campo di applicazione	124
3.7.1.2.1 Funzioni del sistema	124
3.7.1.2.2 Sistema analizzato	124
3.7.1.2.3 Unità Funzionale	124
3.7.1.2.4 Confini del sistema	125
3.7.1.2.5 La qualità dei dati	125
3.7.1.2.6 Modifiche al metodo IMPACT 2002+	125
3.7.2 INVENTARIO	127
3.7.2.1 Il processo principale	128
3.7.2.2 La raccolta indifferenziata nel Distretto di Baalbek	130
3.7.2.2.1 Il processo Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	130
3.7.2.3 Il trattamento meccanico che separa la parte secca dalla parte umida senza frantumazione	131
3.7.2.3.1 Il processo Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	131
3.7.2.3.2 Il processo Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	133
3.7.2.4 La separazione manuale della parte secca per il riciclo	133
3.7.2.4.1 Il processo Riciclo delle frazioni della parte secca	133
3.7.2.5 Il processo di produzione del sottovaglio da biostabilizzare	134
3.7.2.5.1 Il processo F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	135
3.7.2.6 La produzione del biogas	135
3.7.2.6.1 Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	136
3.7.2.6.2 Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)	136
3.7.2.6.3 Digested matter (multi-output)	137
3.7.2.7 Il processo relativo alla produzione dell'energia elettrica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione	137
3.7.2.7.1 Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	137
3.7.2.8 Il processo relativo alla produzione dell'energia termica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione	138
3.7.2.8.1 Energia termica da cogenerazione di Baalbek	138
3.7.2.9 Il processo relativo alla produzione dell'energia persa ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione	138
3.7.2.9.1 Energia persa da cogenerazione di Baalbek	138
3.7.2.10 Il processo di smaltimento in discarica	138
3.7.2.10.1 Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	138
3.7.2.11 Il processo che riproduce il mix energetico libanese	139
3.7.2.11.1 Energia elettrica del Libano (production mix)	139
3.7.2.11.2 Energia elettrica high voltage del Libano	139
3.7.2.11.3 Energia elettrica medium voltage in Libano	140
3.7.2.11.4 Energia elettrica low voltage in Libano	140
3.7.2.12 Il processo che introduce il costo dell'energia elettrica di rete	140
3.7.2.13 Il processo che introduce i ricavi derivanti dal servizio di raccolta dei RSU presso il Distretto di Baalbek	141

---

3.7.2.14	Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico	141
3.7.2.15	Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico	141
3.7.2.16	Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Produzione del Biogas	141
3.7.2.17	Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Produzione del Biogas	141
3.7.2.18	Il processo che introduce il costo d'investimento della Discarica Sanitaria	142
3.7.2.19	Il processo che introduce il costo di gestione della Discarica Sanitaria	142
3.7.3	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E ANALISI DEI RISULTATI	142
3.7.3.1	Conclusioni sui risultati dell'analisi LCA	158
3.7.4	ANALISI DI SENSIBILITÀ	159
3.7.4.1	Analisi dei risultati tenendo conto dei vantaggi sociali	159
3.7.4.1.1	Modifiche al metodo IMPACT 2002+	159
3.7.4.1.1.1	I vantaggi sociali	159
3.7.4.1.2	Analisi dei risultati coi vantaggi sociali	161
3.7.4.1.3	Modifiche al metodo IMPACT 2002+ inserendo il concetto di "percezione"	165
3.7.4.1.3.1	I vantaggi sociali	165
3.7.4.1.4	Analisi dei risultati coi vantaggi sociali e il concetto di "percezione"	167
3.7.4.2	Utilizzo dell'energia termica prodotta	169
3.7.4.3	Il prodotto del riciclo come prodotto evitato	170
3.7.4.4	Energia elettrica da fotovoltaico come prodotto evitato	172
3.7.4.5	Il processo di gestione dei rifiuti come processo multi-output	175
3.7.4.6	Riduzione dell'energia elettrica unitaria del TMB	177
3.7.5	ANALISI DEI COSTI ESTERNI E DEI COSTI INTERNI	178
3.7.5.1	Il calcolo dei costi esterni	178
3.7.5.1.1	Il calcolo dei costi esterni con EPS 2000	179
3.7.5.1.2	Il calcolo dei costi esterni con Eco-indicator'99	182
3.7.5.1.3	Il calcolo dei costi esterni con IMPACT 2002+	183
3.7.5.2	I costi interni	184
3.7.5.2.1	I costi interni ed esterni del processo Waste Compound Baalbek (TMB)	188
3.7.5.2.2	Conclusioni sui costi	189
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONI DI NATURA SOCIALE, LEGALE ED ISTITUZIONALE</b>	<b>190</b>
<b>4.1</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO AMMINISTRATIVO E LEGALE</b>	<b>190</b>
4.1.1	QUADRO DI RIFERIMENTO AMMINISTRATIVO E ISTITUZIONALE	190
4.1.2	QUADRO DI RIFERIMENTO LEGALE	193
<b>4.2</b>	<b>QUADRO SOCIALE DI RIFERIMENTO</b>	<b>196</b>
4.2.1	ACCESSIBILITÀ DEI SERVIZI E DISPONIBILITÀ AL PAGAMENTO DELL'OPINIONE PUBBLICA LIBANESE	196
4.2.2	PARTECIPAZIONE DEL SETTORE PRIVATO	197
4.2.3	SENSIBILIZZAZIONE DELL'OPINIONE PUBBLICA E PARTECIPAZIONE DELLA COMUNITÀ	199
4.2.4	COSTRUZIONE DELLE COMPETENZE E FORMAZIONE	200
4.2.5	STRUMENTI D'INTERVENTO SOCIALE PER IL FUTURO	201

---

4.2.6	L'OUTCOME MAPPING	202
4.2.6.1	Linee guida e contesti di adozione	202
4.2.6.2	Attori coinvolti	204
4.2.6.3	Step di esecuzione di una sessione e output	205
4.2.6.4	Stima dei costi per una sessione	206
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>208</b>
	<b>CONSIDERAZIONI FINALI E LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL WASTE COMPOUND</b>	<b>208</b>
	<b>APPENDICE 1: SCHEMA GENERALE DEL WASTE COMPOUND (WC)</b>	<b>213</b>
	<b>APPENDICE 2: MAPPA CHE RIPROPONE L'IPOTESI DI DISPOSIZIONE E DI ASSEGNAZIONE DELLE AREE A TUTTI I COMPONENTI DEL WASTE COMPOUND (SECONDO IL MASTER PLAN OF BAALBEK MUNICIPALITY SOLID WASTE TREATMENT AND DISPOSAL FACILITY AREA- REV 0, 2011)</b>	<b>214</b>
	<b>APPENDICE 3: RAPPRESENTAZIONE CAD DEL LAYOUT DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO DEL WASTE COMPOUND DI BAALBEK</b>	<b>216</b>
	<b>APPENDICE 4: RAPPRESENTAZIONE CAD DEL LAYOUT DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL BIOGAS DEL WASTE COMPOUND DI BAALBEK</b>	<b>217</b>
	<b>APPENDICE 5: SCHEMA DEI FLUSSI ENERGETICI E DI MATERIALE IN INGRESSO E IN USCITA DALL'IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DEL BIOGAS DI BAALBEK</b>	<b>218</b>
	<b>APPENDICE 6: PRINCIPALI SOCIETÀ CHE OPERANO DEL MERCATO LIBANESE DEL RICICLO (LISTA CREATA DALL'OMSAR NEL 2011, NON ESAUSTIVA E SOGGETTA A CAMBIAMENTI)</b>	<b>219</b>
	<b>APPENDICE 7: STIMA DEL COSTO OPPORTUNITÀ DEL CAPITALE</b>	<b>221</b>
	<b>APPENDICE 8: INVENTARIO DELL'LCA DEL WASTE COMPOUND DI BAALBEK</b>	<b>223</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>244</b>

## **ACRONIMI**

AD Anaerobic Digestion

BF Biogas Facility

CDR Council for Development and Reconstruction

EDL Electricité Du Liban

LCA Life Cycle Assessment

LCI Life Cycle Interpretation

LCI Life Cycle Inventory

LCIA Life Cycle Impact Assessment

MBTF Mechanical Biological Treatment Facility

METAP Mediterranean Environment Technical Assistance Program

MoA Ministry of Agriculture

MoE Ministry of Environment

MoIM Ministry of Interior and Municipalities

NERP National Emergency Reconstruction Plan

OM Outcome Mapping

OMSAR Office of the Ministry of State and Administrative Reforms

ONG Organizzazione Non Governativa

PPGR Piano Provinciale di Gestione Rifiuti

RSU Rifiuti Solidi Urbani

SWEMP Solid Waste Environmental Management Project

UE Unione Europea

UNDP United Nations Development Programme

USAID United States Agency for International Development

VIA Valutazione di Impatto Ambientale

WC Waste Compound

## *Introduzione*

Il concetto di “appropriato” è un concetto che intrinsecamente per essere adottato richiede un grande sforzo di comprensione e accettazione delle differenze. Solo se si compie questo sforzo e le differenze vengono effettivamente riconosciute e valorizzate è possibile giudicare “appropriato” il modo in cui si opera e lo sviluppo che ne consegue.

Fino agli anni '70 le iniziative di sviluppo tecnologico e di innovazione si traducevano nel trasferimento nei paesi poveri delle tecnologie avanzate realizzate nei paesi industrializzati. Solo durante gli anni '70 si è iniziato a parlare di tecnologie più “appropriate” al paese in cui vengono introdotte, mentre i piani di sviluppo hanno iniziato a basarsi su fattori immateriali, come qualità di vita e di lavoro, formazione, crescita culturale e sostenibilità.

Il termine *tecnologie appropriate* è stato utilizzato per la prima volta dall'economista inglese Schumacher indicando *“quelle tecnologie più in armonia con l'uomo e con l'ambiente”*.

Secondo Schumacher: *“Lo sviluppo non può essere un atto di creazione, per cui non può essere ordinato, comprato, pianificato integralmente perché esige un processo di evoluzione.*

*[...] Se si danno aiuti per introdurre sostanziali riforme economiche, queste saranno benefiche e vitali solo se potranno essere sostenute dal livello educativo esistente di gruppi di popolazione, e saranno davvero valide solo se favoriranno e diffonderanno un avanzamento nell'educazione, organizzazione e disciplina.”* Questo è lo spirito con il quale oggi si elaborano i piani di sviluppo e si stanziavano fondi della Comunità Europea a favore dei progetti nei paesi in via di sviluppo.

Le tecnologie appropriate rappresentano, dunque, l'unica possibile derivazione a questo nuovo modo di operare: esse richiedono la ricerca di una “nuova etica” in tutti i campi dell'agire umano, che dal punto di vista economico, sociale, istituzionale significhi stabilità e sostenibilità.

Di conseguenza, una tecnologia può considerarsi “appropriata” quando è compatibile con i bisogni propri della natura umana, le condizioni culturali, naturali ed economiche locali e utilizza risorse umane, materiali ed energia disponibili sul posto, con strumenti e processi controllati e gestiti dalla popolazione locale. L'essenza della tecnologia appropriata è che l'utilità o il valore della tecnologia deve essere consolidato dall'ambiente politico, culturale, economico e sociale in cui essa viene utilizzata.

L'obiettivo di questo lavoro è di analizzare un progetto per la Gestione dei Rifiuti Solidi Urbani nel distretto di Baalbek (Libano) ricorrendo ad un approccio multi-prospettico, che ne consenta di valutare “l'appropriatezza”. Tale approccio è focalizzato sui tre aspetti della sostenibilità, ovvero sui risvolti economici, ambientali e sociali che conseguono a tale scelta di gestione.

In Libano, la responsabilità sulla gestione dei rifiuti solidi urbani è assegnata ai singoli Comuni, tuttavia, la mancanza di fondi, il debole know-how tecnico, l'assenza di un numero di discariche sufficienti e un debole sistema fiscale hanno condotto la maggior parte dei Comuni a porre minima attenzione sulla questione, determinando un problema ambientale

diffuso, che col tempo continua a peggiorare. Per moltissimi anni, e in parte ancora oggi, la pratica più diffusa per lo smaltimento dei rifiuti è stata l'abbandono ai bordi delle strade o in discariche aperte e non controllate, dove si ricorreva spesso all'innesco di incendi per ridurne le dimensioni. Più di 700 discariche illegali e non sicure sono state, negli ultimi anni, registrate in tutto il Paese ed alcune di queste stanno diventando davvero un grave problema sia in termini economici che ambientali. Solo pochi Comuni sono dotati di impianti di cernita e classificazione dei materiali, e solo pochi di essi sono effettivamente attivi; mentre nelle aree più ricche del Paese sono stati realizzati impianti di incenerimento per il recupero energetico. Per quanto riguarda, invece, i concetti di "riciclo" e "recupero" essi sono concetti ancora poco diffusi ed interiorizzati nella cultura libanese.

Preso coscienza di ciò, le autorità locali considerano la gestione dei rifiuti solidi come una delle principali priorità da affrontare e sono quindi costantemente alla ricerca di fondi di finanziamento e di aiuti ed assistenza dall'esterno. Il Governo Libanese, solo nel 2006, ha elaborato un Piano per la risoluzione del problema della gestione dei rifiuti solidi urbani del Paese. Il Piano, proposto dal Consiglio per la Ricostruzione e lo Sviluppo ed approvato dal Ministero dell'Ambiente, prevede l'implementazione di una numerosa serie di progetti in diverse aree del Paese, i quali si differenziano per caratteristiche, obiettivi e standard da raggiungere, proprio in funzione della regione del Libano coinvolta. In particolare, il Piano prevede la suddivisione del Libano in 4 aree di servizio, che presentano contesti economici, sociali ed istituzionali completamente differenti e le cui esigenze, anche relative al sistema di gestione dei rifiuti urbani, appaiono molto diverse:

- Nord del Libano
- Bekaa e Baalbek
- Sud del Libano e Nabatiyeh
- Monte Libano e Beirut

In particolare, in questo lavoro si analizza la soluzione individuata per la gestione dei RSU del Distretto (Caza) di Baalbek. Il progetto "Integrated Waste Management in Baalbek Caza" rientra nell'ambito del programma comunitario ENPI-Med, mirato a diffondere tecnologie ambientali pulite e innovative nelle regioni del Medio Oriente. In un'area rurale a circa 3 km dalla città di Baalbek è previsto l'insediamento di un complesso di tre impianti strettamente interconnessi, attualmente dimensionati per servire esclusivamente l'Unione Comunale del distretto di Baalbek, ma la cui capacità, in futuro, potrebbe essere ampliata estendendo il servizio anche ai comuni del distretto di Hermel. I tre impianti sono un Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico dei RSU indifferenziati, una Discarica Sanitaria e un impianto pilota per la Produzione di Biogas, che insieme prendono il nome di Waste Compound. La valutazione che si svolge in questo documento, come già detto, cerca di mantenere un assetto multidisciplinare e multisettoriale realizzando un'analisi economico-finanziaria sulla gestione, affiancata da una valutazione ambientale del sistema, mediante l'analisi del ciclo di vita (LCA) ed integrata infine con delle considerazioni di natura legislativa, istituzionale, politica, culturale e sociale. Inoltre una quantizzazione dei vantaggi sociali legati alla realizzazione del progetto è stata introdotta nello studio LCA inserendo alcuni indicatori sociali costruiti ad hoc.

# **1 IL WASTE COMPOUND DI BAALBEK (LIBANO)**

Il Waste Compound (WC) è un sistema per la gestione e il trattamento dei rifiuti solidi urbani, costituito da tre impianti localizzati in un'area collinare detta Tell El Abiad del Caza di Baalbek, Libano (più nello specifico nell'area di terreno registrata sulla Mappa Catastale di Baalbek come plot 830) e dimensionati attualmente per servire i 6 Comuni dell'Unione Municipale di Baalbek. Nel futuro si prevede un'estensione della loro capacità che consenta di servire un totale di 33 Comuni, compresi tra il Caza di Baalbek ed Hermel. I tre impianti che costituiscono il WC sono: un Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico (Mechanical Biological Treatment Facility, MBTF), una Discarica Sanitaria (Sanitary Landfill, SL) e un impianto pilota per la Produzione di Biogas (Biogas Facility, BF). Il MBTF si occupa di suddividere il rifiuto solido in ingresso in tre flussi (materiale riciclabile, materiale compostabile e inerti diretti in discarica) e di indirizzare tali flussi verso destinazioni differenti. Infatti, l'impianto comprende una zona dove il materiale organico viene sottoposto ad un processo di compostaggio tramite andane, un'area di raccolta e deposito dei materiali riciclabili, dove essi attendono di essere prelevati dai camion per essere rivenduti, e un'area di stoccaggio del materiale inerte e di scarto, da inviare in discarica. La Discarica Sanitaria ha dunque la funzione di accogliere tale materiale inerte e provvedere al suo smaltimento. Quest'ultima non è stata ancora realizzata, ma dal Report di Missione (2011) si prevede che sarà costituita da due celle, adeguatamente progettate per minimizzare l'impatto ambientale e prolungare il più possibile la vita della discarica. È importante, infatti, sottolineare che la vita del Waste Compound dipenderà dal periodo di esercizio della discarica, dunque allungare la vita della discarica significherà poter usufruire del sistema di gestione dei RSU per un tempo più lungo. Ad oggi l'ultimo impianto del WC è un impianto pilota per la produzione di biogas. Tale impianto, mediante la digestione anaerobica dei rifiuti organici, consente di ottenere digestato, inviato al processo di compostaggio, e biogas, utilizzato per produrre energia elettrica "pulita".

È evidente come l'attività dei tre impianti sia fortemente interconnessa ed esistono diverse "relazioni simbiotiche", relative ai flussi di materia ed energia, che consentono di raggiungere benefici ambientali ed economici. I flussi che interessano i diversi impianti sono rappresentati nello Schema del Waste Compound in APPENDICE 1.

I tre impianti sono stati commissionati da enti differenti, anche se risultano finanziati tutti dall'Unione Europea. In particolare, il MBTF è parte di un progetto OMSAR (Office of the Minister of State for Administrative Reform), la Discarica Sanitaria è stata proposta da Cooperazione Italiana e il BF è un'iniziativa del COSV ONG. Anche la tempistica con cui i tre impianti sono stati progettati e realizzati differisce, e ciò ha determinato la necessità di un adeguamento successivo degli impianti alle scelte progettuali fatte precedentemente.

In particolare, il Progetto Definitivo del MBTF è stato concluso dall'OMSAR mentre il Master Plan (Piano Regolatore) di tutta l'area era ancora in fase di definizione. Un Master

Plan si pone come obiettivo quello di individuare una migliore e più efficiente disposizione dei vari servizi previsti nell'area. In tal caso sono state realizzate due versioni del Master Plan. La prima versione è stata preparata assumendo che il Progetto per il Sistema di Gestione dei Rifiuti fosse al punto di partenza e nessun progetto, preliminare o finale, dei singoli impianti fosse già stato concluso. Con la seconda versione, che recepisce la posizione e gli ingombri previsti nel Progetto Definitivo del MBTF, è stato necessario ridurre lo spazio a disposizione della cella 2 della Discarica, andando ovviamente ad aumentare lo spazio a disposizione della cella 1.

L'ipotesi appartenente alla seconda versione del Master Plan di tutta l'area (del 2011), e relativa alla posizione dei tre impianti e alle aree occupate, viene mostrata nella mappa in APPENDICE 2. Uno studio più recente, datato 2014, per il Piano di Gestione di tutta l'area suggerisce di spostare le celle della discarica sull'altro versante del MBTF.

Nei seguenti sottocapitoli si entrerà nel dettaglio dei componenti del WC, la cui descrizione sarà preceduta da un breve accenno alle pratiche di gestione dei rifiuti che l'attività del WC andrà a sostituire e alle previsioni realizzate su quantità e composizione dei RSU che dovranno essere trattati.

## **1.1 Pratiche di raccolta e smaltimento precedenti al Waste Compound**

Precedentemente le operazioni di raccolta e smaltimento dei rifiuti solidi nell'area servita dal Waste Compound venivano realizzate da imprese locali, scelte dai Comuni. La maggior parte dei rifiuti solidi urbani (RSU), a volte uniti anche a rifiuti industriali e agricoli, venivano trasportati da veicoli di differenti dimensioni e smaltiti nelle discariche a cielo aperto di "El Keiyal" (Fotografia 1.1).



Fotografia 1. 1: Discarica di El Keiyal presso una vecchia cava romana

La prima discarica non controllata di El Keiyal (Old Keiyal dump) è una vecchia cava abbandonata, utilizzata dai Romani per estrarre rocce, usate per la costruzione del Castello di Baalbek. Essa è localizzata ad una distanza di circa 2,5-3 km a Nord-Ovest rispetto alla città di Baalbek. Di conseguenza, tutti i quartieri che circondano la discarica, quando quest'ultima era ancora aperta, risentivano degli effetti negativi di odori, fumi, impatto visivo, contaminazione del suolo, flussi di percolato superficiali e del sottosuolo, danni all'agricoltura ecc. Inoltre, la presenza della discarica e l'accumulo di detriti e rifiuti da attività di costruzione e demolizione, intorno al sito, hanno causato un abbassamento del prezzo del terreno in quella zona e nelle aree vicine (Fotografie 1.2 e 1.3).



Fotografia 1. 2: Buste di plastica provenienti dalla discarica di Keyal e trasportate dal vento nei quartieri vicini



Fotografia 1. 3: Rifiuti da costruzione e demolizione presso il sito di El Keiyal

Per oltre 30 anni questa cava è stata utilizzata come una discarica di rifiuti a cielo aperto, dove pratica comune era appiccare incendi per ridurre le dimensioni. Per anni le comunità vicine hanno richiesto la chiusura della discarica di El Keiyal a causa degli odori e dei fumi nocivi derivanti dai fenomeni di combustione. Pertanto, tale procedura di bruciare i rifiuti è stata vietata dalle autorità comunali competenti e lo scarico e smaltimento dei rifiuti è stato spostato ad una distanza di 150 m, in un altro sito (New Keiyal dump).

In queste discariche aperte e non controllate si manifesta un altro fenomeno che le autorità locali hanno cercato di evitare: la presenza dei così detti “riciclatori”. Queste persone svolgono un’azione di parziale riciclaggio cercando, tra i rifiuti della discarica, oggetti in plastica, metallo o vetro che ritengono di poter rivendere con un certo vantaggio economico. Quest’attività essendo svolta manualmente e senza alcun tipo di protezione, mette fortemente a rischio la loro salute (Fotografia 1.4).

Tale rischio è aggravato dal fatto che nell’area di Baalbek, come nel resto del Libano, la raccolta di RSU non è distinta dalla raccolta dei Rifiuti Speciali Pericolosi e Non Pericolosi. Solo i Rifiuti Sanitari sono raccolti e gestiti separatamente.



Fotografia 1. 4: Materiale plastico selezionato dal sito di El Keiyal

Altre piccole discariche non controllate e a cielo aperto sono dislocate nella regione del Caza di Baalbek. Esse sono considerate, per tutti questi motivi, insieme alle discariche di El Keiyal, la principale fonte di minaccia per la salute umana e per l'ambiente della regione. Tra gli obiettivi del progetto di Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi nel Caza di Baalbek rientra anche la volontà di provvedere ad un ripristino delle due discariche aperte di El Keiyal. In particolare, si cercherà di raggiungere un recupero paesaggistico del sito storico e contestualmente una bonifica del terreno occupato dalle due discariche. La gara d'appalto per la costruzione della nuova Discarica Sanitaria, che farà parte del Waste Compound, include, infatti, l'onere per la società vincitrice di pianificare e provvedere alla chiusura della Old Keiyal dump, secondo i riferimenti comunitari e le pratiche di buona gestione, e di trasferire, i rifiuti cumulati in New Keiyal dump nella nuova Discarica Sanitaria.

## 1.2 Classificazione dei rifiuti solidi urbani

Al fine di valutare al meglio la disomogeneità che caratterizza i Rifiuti Solidi Urbani (RSU) è importante comprendere che l'origine del rifiuto gioca un ruolo fondamentale. Rifiuti di origine domestica sono abbastanza differenti rispetto ai rifiuti generati dagli uffici e dalle attività commerciali. I rifiuti prodotti da hotel e ristoranti, allo stesso modo, si differenziano

dai rifiuti generati dagli stabilimenti commerciali. Si possono considerare 5 principali categorie di rifiuti solidi urbani, distinguibili in funzione dell'origine in:

- Rifiuti da ambiente domestico
- Rifiuti da attività commerciali
- Rifiuti da servizi istituzionali
- Rifiuti derivanti da servizi comunali
- Rifiuti da attività agricole

### ***1.2.1 Rifiuti da ambiente domestico***

I rifiuti da ambiente domestico costituiscono la maggior parte dei rifiuti solidi raccolti nelle aree urbane. Chiaramente, le aree residenziali all'interno delle città tendono ad avere una frazione maggiore di tali rifiuti se confrontate con i quartieri più commerciali o industriali. I rifiuti che rientrano in questa categoria sono, prima di tutto, resti di cibo, ma anche cartoni, oggetti di plastica, materiale tessile, pelle/cuoio, legno, vetro, metalli, ceneri, rifiuti speciali (es. oggetti ingombranti, rifiuti elettrici ed elettronici, ecc.) e rifiuti domestici pericolosi (es. batterie, oli). Questi rifiuti provengono da abitazioni mono o plurifamiliari e, le quantità di tali rifiuti, sono generalmente proporzionate al numero di persone che vive nelle stesse abitazioni.

### ***1.2.2 Rifiuti da attività commerciali***

I rifiuti commerciali sono quei rifiuti generati da negozi, hotel, ristoranti, supermercati e uffici professionali. Tipicamente i rifiuti prodotti negli uffici sono caratterizzati da una grande quantità di carta. I rifiuti generati nei negozi contengono, invece, un gran numero di contenitori e imballaggi, mentre quelli generati in hotel e ristorante, generalmente, presentano un'elevata percentuale di cibo. I rifiuti commerciali rappresentano una frazione elevata dei rifiuti solidi urbani, soprattutto nei distretti economici della città. Inoltre, essi possono essere un'importante fonte di materiale riciclabile. Nel futuro, se venisse fornito un incentivo per la separazione originaria alla fonte, almeno degli imballaggi e della carta, si riuscirebbe, probabilmente, nei Comuni serviti dal Waste Compound, a incrementare la potenzialità di riciclaggio di tali materiali e contemporaneamente a ridurre il costo per la gestione dei rifiuti.

### ***1.2.3 Rifiuti da servizi istituzionali***

I rifiuti da servizi istituzionali comprendono i rifiuti provenienti da scuole, carceri e uffici governativi. Essi sono molto simili nella composizione ai rifiuti commerciali, includendo grandi quantità di carta ma minori quantità di cibo.

### ***1.2.4 Rifiuti derivanti da servizi comunali***

I rifiuti comunali sono quei rifiuti derivanti dalle attività operative e di manutenzione degli impianti comunali e dalla fornitura di servizi, che includono anche: rifiuti raccolti su strada, rifiuti da pulizie delle strade, rifiuti sparsi e polveri.

### **1.2.5 Rifiuti da attività agricole o agroindustriali**

I rifiuti da attività agricole tipicamente contengono rifiuti di cibo deteriorato e rifiuti da raccolto, oltre che piccole quantità di imballaggi.

I rifiuti solidi che vengono consegnati all'impianto di trattamento di Baalbek rappresentano una miscela delle categorie sopra citate. La frazione più grande di tali rifiuti è costituita dai rifiuti da attività domestica, che contengono in media il 60% di materiale organico. Per quanto riguarda i rifiuti industriali, va detto che in questa zona le imprese esistenti sono tutte di dimensioni medio-piccole e la principale componente di rifiuti industriali pericolosi è costituita da oli esausti, contenitori o bidoni unti e batterie. Questa piccola frazione di rifiuti potrebbe però comunque determinare effetti negativi sulla qualità del compost o sulla sicurezza del materiale in discarica.

Pertanto i rifiuti industriali che potrebbero essere raccolti e trattati come RSU all'interno del WC, devono essere ben selezionati, limitandosi a considerare la frazione non pericolosa di tali rifiuti, che per quantità e qualità può essere assimilata ai RSU. Per i rifiuti industriali pericolosi, invece, la medesima modalità di gestione deve essere fortemente vietata. Anche per i rifiuti sanitari deve essere vietata la raccolta e la miscelazione con i rifiuti domestici, onde evitare fonti di contaminazione del compost e delle acque.

### **1.3 Tasso di generazione dei rifiuti**

L'impianto di Trattamento Meccanico Biologico, ad oggi, si propone di servire i sei Comuni dell'Unione Comunale di Baalbek. Nel futuro un incremento molto probabile della capacità di tale impianto potrebbe consentire un'estensione del servizio ad altre cinque associazioni comunali. Le cinque associazioni comprendono un totale di 33 comuni e sono state istituite dal Ministero dell'Interno e delle Municipalità con i seguenti decreti legislativi (Tabella 1.1).

<b>Unioni Comunali</b>	<b>Decreto nr.</b>	<b>Data</b>	<b>Numero dei Comuni</b>	<b>Nomi dei Comuni</b>
BAALBEK	15695	09/10/2005	6	1. Baalbek 2. Younine 3. Iaat 4. Maqneh 5. Haouch Tall Safiyeh 6. Douris
WEST BAALBEK	15929	13/12/2005 e 2007	11	1. Chmistar 2. Haouch Snaid 3. Qsarnaba 4. Temnine El Faouqa 5. Temnine Et Tahta 6. Bednayel 7. Haouch Er Rafqa 8. Jebaa 9. Hadath Baalbek 10. Taraya 11. Hiszzine

HERMEL	15938	13/12/2005	6	1. Hermel 2. Qasr 3. Fissane 4. Chouaghir Et Tahta 5. Chouaghie El Faouqa 6. Kouakh
EAST BAALBEK	17581	30/08/2006	6	1. Nabi Chit 2. Serraine El Faouqa 3. Serraine Et Tahta 4. Khreibeh 5. Khodr 6. Jenta
CHELLAL	17599	04/09/2006	4	1. Bouday 2. Al Aallaq 3. Qlaoueh 4. Saaidh

Tabella 1. 1: Unioni Comunali del Caza di Baalbek ed Hermel

Una stima della popolazione che abita l'Unione Comunale di Baalbek, che l'impianto attualmente si propone di servire, è di circa 109'500 abitanti (secondo i dati riportati sul sito dell'Unione Municipale, <http://baalbeckunion.gov.lb/>, e riproposti in Tabella 1.2).

Comune	Popolazione
Baalbek	82'600
Younine	2'800
Iaat	13'000
Maqneh	1'600
Haouch Tall Safiyeh	3'500
Douris	6'000
<b>TOTALE</b>	<b>109'500</b>

Tabella 1. 2: Stima della popolazione che abita l'Unione Comunale di Baalbek

La produzione giornaliera di rifiuti solidi stimata, per persona, oscilla tra 0,5 e 0,7 kg/g nelle aree rurali (Mediterranean European Technical Assistance Programme, 2003, [www.metap.org](http://www.metap.org)). Di conseguenza, andando a moltiplicare tale valore per la popolazione sopra indicata, è possibile determinare la capacità giornaliera che l'impianto di trattamento dovrebbe avere. Per determinare tale capacità è necessario andare a sommare anche la quantità di spazzatura stradale comunale (Municipal Street Sweeping, MSS), che non è possibile trascurare poiché costituisce circa il 5-10 % (in media il 7,5%) dei RSU.

**A-Produzione giornaliera di Rifiuti Solidi Urbani: 109'500 persone\* 0,6 kg/p/g (valore medio) = 65'700 kg/g = 65,7 ton/g**

**B-Produzione di Rifiuti Solidi Urbani per anno: 65,7 ton/g\*365 g = 23'980,5 ton/anno**

**C- Rifiuti da MSS: 23'980,5\*7,5% = 1798,5 ton/anno**

**PRODUZIONE TOTALE ANNUA DI RIFIUTI SOLIDI:**

$$23'980,5 + 1'798,5 = 25'779 \text{ ton/anno}$$

**Produzione Media Giornaliera di Rifiuti Solidi:**

$$25'779 / 365 = 70,6 \text{ ton/g}$$

L'impianto MTBF, ad oggi, è in grado di gestire in media 60 ton/g (Tersigni, 2011), ovvero circa 85% della quantità totale di RSU prodotta dall'Unione delle Municipalità di Baalbek. La parte restante di RSU potrebbe essere inviata ad un altro impianto MTBF della regione oppure smaltita direttamente in discarica. La Discarica Sanitaria del Waste Compound sarà infatti dimensionata per raccogliere i rifiuti di un'area di territorio più vasta, che comprende il distretto di Baalbek ma anche quello di Hermel, circa 180'000 abitanti.

**QUANTITÀ MEDIA TOTALE ANNUA DI RIFIUTI SOLIDI TRATTATA  
DALL'IMPIANTO:**

$$60 \text{ ton/g} * 365 \text{ g/anno} = 21'900 \text{ ton/anno}$$

Come mostrato nella seguente tabella (Tabella 1.3), la frazione di materiale organico che costituisce i rifiuti solidi urbani del Libano è circa il 50-60%, mentre il restante 50-40% sono materiali riciclabili o rifiuti da smaltire in discarica.

<b>Tipo di Rifiuto</b>	<b>Scala Nazionale</b>	<b>Beirut</b>
Organico	51%	63%
Carta	17%	18%
Plastica	10%	7%
Vetro	9%	5%
Metalli	3%	3%
Altro	10%	4%

Tabella 1. 3: Composizione dei RSU su scala nazionale in Libano e nella Capitale Beirut (Fonte: MoE/Ecodit, 2011; WB-METAP, 2004; Tabella 1-1; METAP, 2003)

Secondo i dati statistici sopra riportati, i rifiuti organici costituiscono al massimo il 60% del totale dei rifiuti che sarebbero quotidianamente raccolti e portati all'impianto di trattamento di Baalbek. Ponendosi in una prospettiva cautelativa, la quantità di materiale organico per il primo anno di funzionamento dell'impianto è calcolata come segue:

**TOTALE ANNUO DI MATERIALE ORGANICO PRESENTE NEI RSU TRATTATI:**

$$21'900 * 60\% = 13'140 \text{ ton/anno}$$

Il materiale riciclabile costituisce, invece, circa il 39% del totale di rifiuti solidi raccolti e questa frazione dovrebbe essere adeguatamente separata durante i processi di classificazione. La quantità di materiale riciclabile per il primo anno di funzionamento dell'impianto è calcolata come segue:

**TOTALE ANNUO DI MATERIALE RICICLABILE PRESENTE NEI RSU TRATTATI:**  
 **$21'900 \cdot 39\% = 8'541 \text{ ton/anno}$**

Il restante materiale, che non può essere né composto né riciclato, andrebbe smaltito in discarica ed è calcolato come segue:

**TOTALE ANNUO DI MATERIALE NÉ COMPOSTABILE NÉ RICICLABILE PRESENTE  
NEI RSU TRATTATI:**  
 **$21'900 \cdot 1\% = 219 \text{ ton/anno}$**

Queste quantità rappresentano le quantità teoriche che andrebbero compostate, riciclate o smaltite in discarica; le quantità reali dipendono dall'efficienza dei processi di separazione e sono riassunte in Tabella 1.4.

Composizione	Quantità in ingresso	Rendimento del processo di separazione	Flusso selezionato	Destinazione
Organico	13'140 ton/anno	80%	10'512 ton/anno	stabilizzazione
Carta	3'723 ton/anno	50%	1'862 ton/anno	riciclaggio
Plastica	2'190 ton/anno	80%	1'752 ton/anno	riciclaggio
Vetro	1'971 ton/anno	75%	1'478 ton/anno	riciclaggio
Metallo	657 ton/anno	90%	591 ton/anno	riciclaggio
Resto di cernita	219 ton/anno	/	3'077 ton/anno	discarica

Tabella 1. 4: Rendimenti dei processi di separazione dei RSU nel WC

La densità media dei rifiuti raccolti è considerata di  $250 \text{ kg/m}^3$ , come riportato in Tabella 1.5, preparata dalla Liban Consult (1997) per la discarica di Zahle, essa dipende dalla composizione fisica dei RSU, dal loro peso e dal contenuto di umidità.

Materiali	Peso (Kg)	%Umidità
Materiale Organico	155,6	67,4
Carta & Cartone	37	11,9
Plastica	25,5	11,9
Vetro	12,5	3,3
Metalli	4,9	6,6
Tessuti	6,6	52,83
Materiali Inerti	2,9	11,4
Totale	245	
Densità ( $\text{Kg/m}^3$ )	<b>250</b>	

Tabella 1. 5: La composizione fisica dei RSU, in relazione al tipo, al peso e al contenuto di umidità

## 1.4 Componenti del Waste Compound

### 1.4.1 Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico

I camion di raccolta dei RSU che arrivano all'Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico (Mechanical Biological Treatment Facility, MBTF) svuotano i loro rifiuti in un'area di stoccaggio dalla quale essi sono poi caricati su un primo conveyor, che è stato opportunamente progettato per supportare il peso, resistere all'usura e alla spinta dei materiali e per favorire un efficiente drenaggio dei liquidi. L'Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico è costituito da diverse aree, dedicate a differenti funzioni, che vengono descritte di seguito:

1. Camera di controllo, con un'area di 80 m<sup>2</sup>
2. Pesa-Ponte, con un'area di 36 m<sup>2</sup>
3. Spogliatoi per i lavoratori, armadi, WC e docce, con un'area di 80 m<sup>2</sup>
4. Uffici, con un'area di 83 m<sup>2</sup>
5. Tipping floor e aree di raccolta dei materiali riciclabili, con un'area di 540 m<sup>2</sup>
6. Area dedicata alla separazione dimensionale (vaglio rotativo) e allo stoccaggio dei materiali riciclabili, dei rifiuti ingombranti e della restante frazione di rifiuti diretti in discarica, con un'area di 280 m<sup>2</sup>
7. Area di deposito per i cumuli (andane o windrow piles) di materiale organico, con un'area di 1500 m<sup>2</sup>
8. Biofiltro, con un'area di 400 m<sup>2</sup>
9. Area all'aperto per la maturazione dei cumuli, con un'area di 1780 m<sup>2</sup>

Una rappresentazione CAD del layout dell'impianto e dei suoi elementi è mostrata in APPENDICE 3.

#### 1.4.1.1 Area di arrivo e Tipping Floor

Un camion che arriva all'impianto viene innanzitutto pesato sulla pesaponte (bilancia a più leve mutuamente articolate in modo da poter equilibrare, con piccoli pesi, carichi decine e anche centinaia di volte maggiori). Quest'attività consente di registrare le tonnellate esatte di RSU ricevuti. Il camion poi svuota il proprio carico in un'area appositamente predisposta per lo stoccaggio, progettata per ospitare il materiale relativo ad almeno due giorni d'esercizio, supponendo 60 ton/g. Il materiale è poi "liberato" dai relativi involucri di plastica tramite il passaggio attraverso una macchina aprisacchi, disposta immediatamente prima del conveyor, e, subito dopo, caricato su quest'ultimo. Il conveyor deve essere realizzato in modo da poter supportare il peso dei rifiuti scaricati, resistere all'usura e alla pressione dei materiali e consentire un efficiente drenaggio dei liquidi.

Il carico dei materiali sul conveyor deve essere efficiente e relativamente veloce ma, allo stesso tempo, deve cercare di proteggere i materiali. Tipicamente dall'area di stoccaggio si utilizza una pala gommata per prelevare il materiale e spostarlo sul conveyor, il quale poi lo solleva fino ai sistemi di separazione e classificazione (Fotografia 1.5).

Tutta quella porzione d'impianto sopraelevata e predisposta alla separazione e classificazione dei rifiuti, prende il nome di Tipping Floor. Essa comprende il conveyor ad un'altezza di 3,9 m da terra, dodici postazioni di separazione manuale e i rispettivi contenitori di raccolta dei differenti materiali riciclabili e contaminanti. Poiché durante l'attività di caricamento dei rifiuti sul conveyor gli oggetti in vetro generalmente si rompono, molti impianti di classificazione, di tutto il mondo, possono recuperare esclusivamente una miscela di vetri di diverso colore (vetro riciclato di qualità inferiore). I rifiuti sovradimensionati (rifiuti ingombranti) e quelli che non dovrebbero attraversare l'impianto di classificazione sono, invece, generalmente separati in questo stadio, al fine di non creare danni al conveyor e alle attrezzature per la classificazione.



Fotografia 1. 5: Pala gommata per spostare i rifiuti sul conveyor

#### *1.4.1.2 Processo di Classificazione*

I RSU contengono differenti tipologie di materiali e oggetti che variano in dimensioni, contenuto di umidità e contenuto nutritivo. Il raggiungimento di un compost commerciabile, come prodotto derivante da questa miscela di materiali, richiede il ricorso ad una gamma di tecnologie molto più ampia rispetto a quelle attualmente disponibili, per realizzare diversi processi di separazione fisica in aggiunta ai comuni processi di trasformazione biologica e di compostaggio.

In altri Comuni del Libano, non serviti dal Waste Compound, si adotta la pratica della separazione alla fonte e raccolta differenziata del materiale organico, attraverso l'impegno e la partecipazione dei residenti locali e delle imprese, col fine di raggiungere livelli di qualità più elevata del compost prodotto (compost per uso agricolo). Altri impianti, invece, accettano flussi di materiale non omogeneo e separano il materiale non compostabile in una struttura centralizzata. Gli impianti di compostaggio che accettano flussi misti, fanno entrare materiale in una forma più o meno corrispondente a quella di raccolta e, in tal caso, circa il 60-65% del flusso complessivo di rifiuti solidi in ingresso viene inviato al compostaggio per la biostabilizzazione. Il restante 40-35% include materiali riciclabili o flussi di scarto destinati alla discarica. Il Waste Compound di Baalbek rientra in questo caso.

Il processo di separazione centralizzata comprende la sequenza di tecnologie descritte in Tabella 1.6 che consentono di distinguere il materiale compostabile da quello riciclabile e dal materiale di scarto da smaltire. Alcune di queste tecnologie prevedono attrezzature meccaniche, anche se è il controllo da parte dell'uomo il sistema più efficace di classificazione, soprattutto per l'allontanamento dei contaminanti chimici. Mentre le macchine possono raggiungere buoni livelli di efficienza nella separazione in base alla dimensione, alla densità o alle caratteristiche elettromagnetiche, l'uomo consente una separazione in base al "tipo" di rifiuto. Le stazioni di separazione manuale possono essere collocate in più punti del processo, a partire dall'area di stoccaggio in ingresso, dove possono già essere allontanati oggetti ingombranti come materassi, tappeti ed elettrodomestici.

L'area di classificazione nell'impianto di Baalbek prevede le seguenti tecnologie di separazione descritte in Tabella 1.6, disposte in maniera sequenziale e raccolte in un edificio al coperto.

<b>TECNOLOGIA</b>	<b>MATERIALI</b>
Vagliatura (vaglio rotativo)	Grandi dimensioni: plastica – carta larga – cartone Medie dimensioni: materiale riciclabile – organico Piccole dimensioni: organico – materiale frammentato
Separazione magnetica	Metalli ferrosi
Separazione manuale	Riciclabili – inerti – contaminanti chimici

Tabella 1. 6: Tecnologie del processo di classificazione nel Waste Compound di Baalbek

### **Vagliatura**

La vagliatura è utilizzata per separare materiale con dimensioni differenti in due o più flussi. I vagli separano materiali con dimensione superiore e materiali con dimensioni inferiori alla grandezza della maglia. Questo è utile a migliorare i rendimenti di altre operazioni di classificazione svolte nell'impianto. Il vaglio utilizzato nell'impianto di Baalbek è un vaglio rotativo (trommel) con aperture di 80 mm.

Un vaglio rotativo ha una superficie di vagliatura cilindrica e rotante, inclinata di un certo angolo con l'orizzontale (Figure 1.1). Il materiale è introdotto nel vaglio rotativo dall'estremità superiore e la separazione avviene mentre il materiale si muove scendendo lungo il tamburo. L'azione rotativa del vaglio separa effettivamente i materiali che potrebbero

essere attaccati l'un l'altro. Lunghezza, angolo e diametro del tamburo, oltre alla velocità di rotazione, sono importanti parametri di progettazione del vaglio rotativo, scelti in funzione degli obiettivi di performance desiderati. Se necessario, il vaglio può essere dotato di rampe per il trasporto del materiale verso punti più alti del tamburo ad una bassa velocità di rotazione.

Il materiale sottile, inclusa sabbia, suolo, ghiaia e gran parte dei rifiuti organici, cade attraverso le maglie come “sottovaglio”. Gli oggetti di materiale plastico e i prodotti di carta larga sono trattenuti dalle maglie come “sovvallo” e potrebbero essere successivamente selezionati e riciclati. Attraverso questa prima separazione dimensionale diventa molto più semplice per i macchinari o le persone impegnate nei successivi processi di separazione svolgere la loro funzione tra oggetti con dimensioni simili, poiché oggetti più piccoli non saranno nascosti da oggetti più grandi. La suddivisione dei flussi in base alle dimensioni consente di sfruttare anche meglio, nei successivi processi, le proprietà che appartengono a componenti dei rifiuti differenti. Il flusso risultante come “sovvallo”, infatti, presenta generalmente un'alta concentrazione di specifici materiali riciclabili o contaminanti.

Il limite di questo processo di vagliatura è relativo, invece, alla bassa qualità del “sottovaglio” che si ottiene, che costituisce circa il 60% in massa del materiale in ingresso e che viene considerato materiale organico. Infatti, una maglia di 80 mm consente il passaggio anche di molte impurità (circa il 20% del flusso che l'attraversa) e di conseguenza il materiale organico selezionato non può essere considerato materiale “pulito”: ciò influenza soprattutto l'efficienza dell'Impianto a valle per la Produzione di Biogas.

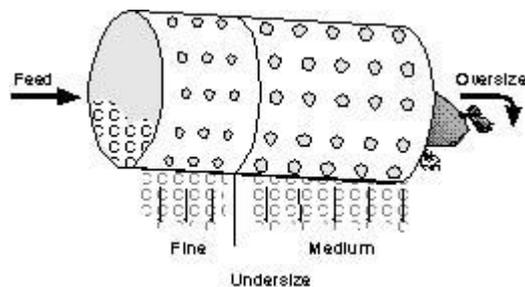


Figura 1. 1: Vaglio rotativo

## **Separatori Magnetici**

Il conveyor che trasporta il materiale verso l'alto ai sistemi di separazione utilizza nastri magnetici per separare i metalli ferrosi dal resto del flusso. L'efficienza dei separatori magnetici dipende dallo spessore dello strato di rifiuti che viene depositato sul nastro, poiché piccoli oggetti di ferro non si attaccheranno al magnete se vengono nascosti da oggetti più grandi non ferrosi, mentre grandi oggetti ferrosi potranno portare con sé oggetti più piccoli non ferrosi come pezzetti di carta o plastica. La presenza di classificatori ad aria per rimuovere carta leggera e plastica, prima dei separatori magnetici, potrebbe andare a ridurre le impurità dei rottami di ferro selezionati. Un processo di pre-triturazione e vagliatura potrebbe migliorare ulteriormente il recupero di metalli ferrosi. I separatori magnetici sono, però, efficienti con ferro e acciaio, molto meno con alluminio, rame e altri metalli non ferrosi. L'elettronica di consumo può essere difficile da separare magneticamente, la difficoltà dipende dal rapporto tra metalli ferrosi e non ferrosi presenti nell'oggetto.

## **Separazione Manuale**

Se i materiali hanno dimensione abbastanza uniforme, diventa molto più semplice separare manualmente i materiali riciclabili e i contaminanti, mentre essi si muovono attraverso il conveyor (Fotografia 1.6). Bisogna tener presente che la separazione manuale può risultare un compito poco piacevole ed è fondamentale garantire il confort e la sicurezza dei lavoratori. È necessario che siano valutati un design ergonomico delle postazioni di lavoro, che può aiutare i lavoratori a svolgere le proprie funzioni nel migliore dei modi, e problemi come la velocità del conveyor, l'altezza del nastro trasportatore, materiali depositati a terra, illuminazione, ventilazione e controllo polveri. Qui, come in tutto l'impianto, si raccomanda che i lavoratori indossino protezioni per l'udito e per le vie respiratorie e occhiali, guanti e abbigliamento adeguato, per proteggersi da eventuali lesioni da corpi appuntiti. Nel MBTF di Baalbek le postazioni di separazione manuale sono 12, ognuna dedicata alla selezione di oggetti di un materiale specifico.

Altri elementi critici per le prestazioni dell'intero sistema sono il conveyor e gli altri macchinari di movimentazione del materiale. Queste strumentazioni, se ben pulite e mantenute, contribuiscono a migliorare l'efficienza dell'intero impianto: un flusso costante dei materiali, infatti, migliora i rendimenti dei dispositivi di separazione descritti precedentemente.



Fotografia 1. 6: Separazione manuale dei rifiuti solidi

I materiali selezionati mediante le tecnologie appena descritte sono classificati nella Tabella 1.7.

<b>Materiale selezionato</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Contenitori di metallo ferroso</b>	Contenitori di cibo e bevande in acciaio, ad esempio lattine per soft drink, birra e altre bevande, e scatolette di cibo per animali domestici, appendiabiti, prodotti in lamiera, tubi, residui metallici, contenitori di olio.
<b>Bottiglie in PET / Barattoli – trasparenti</b>	Bottiglie di plastica trasparenti e barattoli realizzati in polietilene tereftalato (come bottiglie per bevande, alcuni flaconi per detersivi, liquori, prodotti da bagno e miele, vasetti di burro di arachidi e maionese).
<b>Bottiglie in PET / Barattoli – colorati</b>	Bottiglie colorate in plastica e barattoli realizzati in polietilene tereftalato (come bottiglie per bevande e alcuni flaconi di detersivo).
<b>Altro PET</b>	Altri prodotti in PET, ad esempio contenitori per palline da tennis.
<b>Bottiglie in HDPE – trasparente</b>	Bottiglie trasparenti o non colorate di polietilene ad alta densità (contenitori trasparenti per prodotti lattiero-caseari, detersivi, liquido per tergicristalli, collirio, alcol, aceto, olio per motore, alcuni shampoo, ammorbidenti, liquidi antigelo, candeggina)

<b>Bottiglie in HDPE – colorato</b>	Bottiglie colorate di polietilene ad alta densità (bottiglie colorate per succhi di frutta, detersivi, liquido per tergicristalli, olio per motore, e alcuni shampoo, ammorbidenti, liquidi antigelo, candeggina).
<b>LDPE</b>	Polietilene a bassa densità (come i sacchetti per la spazzatura)
<b>Vetro</b>	Contenitori di alimenti e bevande, di vetro trasparente o di diversi colori, lastre di vetro, bicchieri, utensili da cucina, posacenere, specchi e frammenti.
<b>Tessuti</b>	Principalmente abiti gettati tra i rifiuti, ma anche parti di mobili, tappeti, calzature e altri beni non durevoli come le lenzuola e asciugamani, abbigliamento, biancheria da letto, tende, coperte e altro materiale di stoffa.
<b>Gomma e pelle</b>	La gomma è principalmente presente nei pneumatici da automobili e camion. Altre fonti di gomma e pelle comprendono abbigliamento e calzature e altri prodotti durevoli e non durevoli vari, come le diverse guarnizioni di elettrodomestici e mobili.
<b>Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE)</b>	Prodotti e apparecchi con cavo elettrico o fonte di alimentazione a batteria, tra cui piccoli elettrodomestici da cucina e da bagno (tostapane, asciugacapelli, ecc.), radio, videogiochi portatili, lampade, aspirapolvere, televisori, video monitor, monitor di computer e attrezzature periferiche
<b>Batterie</b>	Tutte le batterie, tra cui quelle utilizzate nel settore dell'automotive o in ambiente domestico (ricaricabili e non ricaricabili).

Tabella 1. 7: Categorie di materiali classificati usando la separazione manuale

La restante porzione di materiale è definita “resto di cernita” e rappresenta la porzione diretta in discarica. Essa viene spostata dal conveyor nella zona di carico, un veicolo per il trasporto si occupa poi di trasferirla in discarica.





Fotografia 1. 7: Vetro, carta e cartone e metalli selezionati

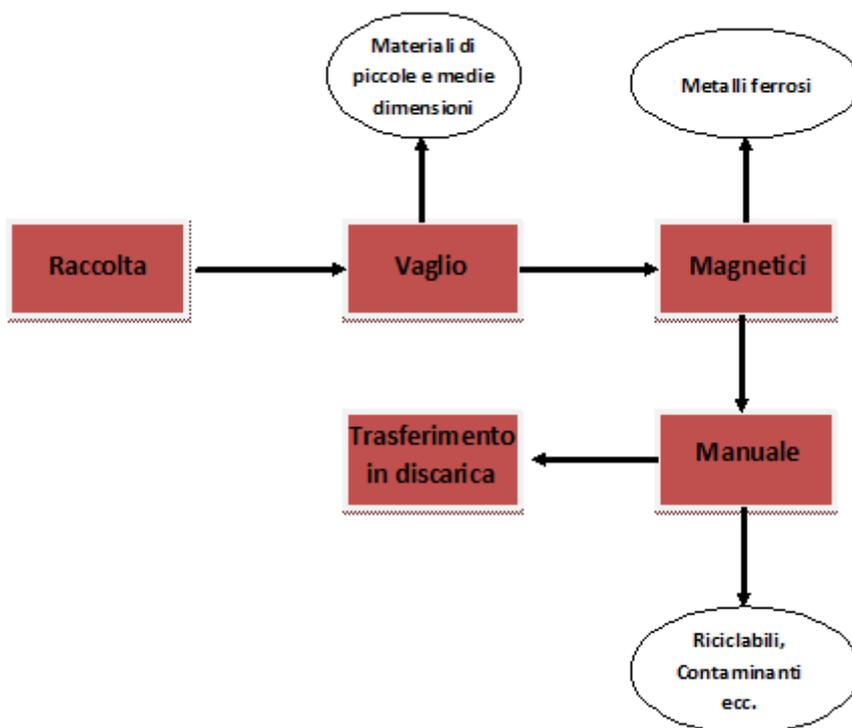


Figura 1. 2: Diagramma di flusso del processo di classificazione

### *1.4.1.3 Processo di Compostaggio*

Il compost è generalmente definito come il risultato del processo di decomposizione di materiale organico biodegradabile. Circa il 60-65% dei RSU sono costituiti da materiale naturalmente biodegradabile. Le tecniche di compostaggio variano in funzione: del metodo attraverso il quale viene fornita aria, dei sistemi di controllo della temperatura, delle modalità di miscelazione e movimentazione della massa che viene messa a compostare e, soprattutto, in funzione del tempo richiesto per ottenere il prodotto finito. Tutte le tecnologie cercano di raggiungere una riduzione volumetrica dei rifiuti, distruggere gli agenti patogeni e infettivi, stabilizzando il materiale organico e trasformandolo in compost. Ci sono parecchie tecnologie di compostaggio disponibili. La più semplice e con costi ridotti prevede pile di accatastamento (andane o windrow) ventilate attraverso ribaltamenti meccanici e sistemi per la circolazione d'aria forzata (Fotografia: 1.8). L'impianto di Trattamento Meccanico Biologico di Baalbek adotta una tecnologia di compostaggio per andane caratterizzata da periodici ribaltamenti per l'aerazione.



Fotografia 1. 8: Pile per il processo di compostaggio

### **Fermentazione**

Un'andana è una pila di sezione trasversale triangolare, la cui lunghezza è molto superiore rispetto alla larghezza e all'altezza. Le pile possono essere alte dai 3 ai 5 metri e larghe alla base dai 5 agli 8 metri. Le dimensioni finali delle pile generalmente dipendono dalla strumentazione disponibile per la loro movimentazione. Il ribaltamento delle pile è la modalità principale con la quale si provvede ad un'aerazione attiva, mentre l'aerazione

passiva avviene, durante tutto il processo, mediante il contatto con l'aria ambiente. La dimensione delle andane deve essere tale da consentire di conservare il calore generato al suo interno e, allo stesso tempo, garantire che l'aria raggiunga le porzioni più interne e profonde del cumulo. Il ribaltamento fornisce l'occasione per il materiale in superficie di essere trascinato all'interno del cumulo (per essere compostato) e, viceversa, per il materiale in profondità di uscire in superficie (a contatto con l'aria), liberando del calore, sotto forma di vapore. Inoltre se una porzione interna al cumulo è in una condizione di carenza di ossigeno, nel momento in cui viene mossa, possono liberarsi odori sgradevoli.

Per capovolgere le pile vengono utilizzati macchinari (rivolta cumuli) attrezzati con coclee, pale o denti. Se necessario, in alcuni casi, le pile vengono umidificate per favorire il processo. Per piccole operazioni di movimentazione si può ricorrere anche all'utilizzo di pale gommate. Il controllo di temperatura per le andane è abbastanza complicato, soprattutto se confrontato con le altre tecniche di compostaggio. Si deve mantenere sempre una temperatura minima di 55°C per garantire l'igienizzazione e la distruzione di agenti patogeni. Generalmente il tempo richiesto per completare il processo, usando il metodo delle andane, è più lungo rispetto agli altri metodi. Ciò è causato innanzitutto dal fatto che, attraverso altri metodi, è più facile garantire il mantenimento dei livelli ottimali di aria e temperatura all'interno delle pile.

Il processo di fermentazione della porzione organica dei RSU, all'interno delle andane, prevede un tempo medio di circa 30 giorni. Le andane sono disposte su superfici pavimentate, per consentirne una semplice movimentazione, inoltre sono collocate in luoghi al chiuso (sotto un tetto o capannone), per poter raccogliere e trattare ogni forma di percolato.

<b>Problemi</b>	<b>Cause</b>	<b>Soluzioni</b>
<b>Odori da composizione anaerobica</b>	-Eccessiva umidità -Andane troppo larghe -Temperatura superiore ai 60°C	-Ribaltamento delle andane -Fare andane più piccole -Movimentazione delle andane
<b>Temperature troppo basse</b>	-Andane troppo piccole -Umidità insufficiente -Poca aerazione	-Unire più andane -Aggiungere acqua durante il ribaltamento -Movimentazione delle andane
<b>Temperature troppo alte</b>	-Andane troppo larghe -Concentrazione di carbonio	-Ridurre le dimensioni delle andane -Movimentazione delle andane

Tabella 1. 8: I problemi più comuni e le loro soluzioni durante il compostaggio per andane

## **Polimerizzazione e Maturazione**

La polimerizzazione è la parte del processo "a freddo", durante la quale il materiale finisce di essere digerito e di stabilizzarsi. La polimerizzazione e la maturazione consentono a tutto il compost di raggiungere condizioni di stabilità biologica. L'attività dei microbi prosegue anche durante questa fase, ma ad una velocità inferiore rispetto alla velocità con cui avviene la fermentazione. Le pile di materiale iniziano a rilasciare il calore acquisito durante la fase

precedente e si raffreddano. Il raffreddamento delle pile, però, non necessariamente indica che il processo sia terminato; esso indica che l'attività microbiologica si è ridotta, ma ciò può anche dipendere da un'umidità insufficiente o da altre condizioni ambientali non adatte.

Le pile in fase di polimerizzazione vengono aerate con ventilazione passiva e occasionali ribaltamenti. La polimerizzazione e maturazione del compost può richiedere da pochi giorni a parecchie settimane, tuttavia nel caso dell'impianto di Baalbek si è stabilito che tale processo si estenda per circa 40 giorni. Una volta che la maturazione è avvenuta, il compost viene vagliato per rimuovere ogni possibile residuo di componente non degradabile. Al termine di questo processo, il compost è generalmente pronto per essere venduto.



Fotografia 1. 9: Compost maturato e pronto per essere caricato e inviato alla sua destinazione finale

### **Fasi del Compostaggio**

#### **Fase di Fermentazione**

- I microrganismi consumano l'ossigeno (decomposizione aerobica)
- La decomposizione aerobica rallenta poiché l'ossigeno viene consumato
- Movimentazioni meccaniche forniscono nuovo ossigeno che va a riempire lo spazio libero e le porosità del materiale
- L'attività microbiologica interna all'andana provoca un aumento della temperatura
- La temperatura cresce rapidamente raggiungendo i 40 - 60°C e si mantiene tale per parecchie settimane
- Vengono aerati i cumuli per controllare la temperatura: una temperatura troppo alta uccide i microrganismi e troppo bassa non garantisce il giusto livello d'igienizzazione

<ul style="list-style-type: none"> <li>• È necessario mantenere l'umidità ad un livello compreso tra il 50 e il 60% e l'agitazione dei cumuli, la quale provoca un abbassamento di temperature e una riduzione delle evaporazioni, che rappresentano la principale causa delle perdite di calore</li> </ul> <p><b>Fase di polimerizzazione e maturazione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La fase di polimerizzazione inizia quando rallenta la digestione aerobica</li> <li>• Non è richiesta molta movimentazione poiché si riduce il consumo di ossigeno</li> <li>• Il compostaggio è finito quando si raggiunge la temperatura ambiente.</li> </ul>
---

Tabella 1. 9: Fasi del compostaggio

Le caratteristiche del compost prodotto dovrebbero soddisfare i requisiti definiti da un'ordinanza del Ministero dell'Ambiente (in Tabella 1.10), la quale fa riferimento a quattro differenti tipologie di compost. Esse spaziano dal tipo di GRADO A, caratterizzato da alta qualità e appropriato per un uso in agricoltura, al tipo di GRADO D, caratterizzato da scarsa qualità e che può essere usato solo per le coperture giornaliere delle discariche o come materiale per i ripristini paesaggistici.

<b>Tipo di compost</b>	<b>Caratteristiche</b>	<b>Principale utilizzo</b>
Grado A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia prima organica naturale, ottenuta mediante separazione alla fonte</li> <li>- Compost maturo (grado di maturazione <sup>1</sup> V)</li> <li>- Igienizzato, biologicamente stabile</li> <li>- Corrispondenza con l'Ecolabel Europeo per il compost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Per la produzione di cibo, in agricoltura, orticoltura e viticoltura</li> </ul>
Grado B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materie prime biologiche ottenute mediante separazione meccanica dei rifiuti domestici</li> <li>- Compost maturo (grado di maturazione IV o V)</li> <li>- Igienizzato, biologicamente stabile</li> <li>- Corrispondenza con l'Ecolabel Europeo per il compost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Per la produzione di cibo, in agricoltura, orticoltura e viticoltura</li> </ul>
Grado C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materie prime biologiche ottenute mediante separazione meccanica dei rifiuti domestici o di rifiuti appropriati da fonti industriali (ad esempio residui provenienti dall'industria alimentare e da quella dei mangimi animali)</li> <li>- Compost semi-maturo (grado di maturazione III)</li> <li>- Igienizzato</li> <li>- I limiti indicati per i metalli pesanti corrispondono al doppio dei valori indicati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizzato solo se tutti i rischi per gli esseri umani e la contaminazione di cibo o suoli agricoli possono essere esclusi (per esempio, nei recuperi paesaggistici, per la rimessa a verde di cave abbandonate ecc.)</li> <li>- Riempimenti del</li> </ul>

<sup>1</sup> Sono i livelli di maturità del compost da I a V, dove I rappresenta un compost fresco e V un compost perfettamente maturo. Il grado di maturità è determinato attraverso il test di auto-riscaldamento DEWAR.

	dall'Ecolabel Europeo per il compost	terreno per lo spazio verde lungo le strade di traffico
Grado D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materie prime biologiche ottenute mediante separazione meccanica dei rifiuti domestici o di rifiuti appropriati da fonti industriali (ad esempio residui provenienti dall'industria alimentare e da quella dei mangimi animali) dopo un appropriato trattamento</li> <li>- Compost Immatturo (maturazione II grado)</li> <li>- Igienizzato</li> <li>- I limiti indicati per i metalli pesanti corrispondono a quattro volte i valori indicati dall'Ecolabel Europeo per il compost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Può essere utilizzato solo per la copertura giornaliera delle discariche</li> <li>- Non deve essere utilizzato come strato superiore di materiale per la rimessa a verde dopo la chiusura delle discariche</li> </ul>

Tabella 1. 10: Classificazione delle diverse tipologie di compost

Attualmente la qualità del compost che è possibile ottenere dall'impianto di Baalbek è bassa, ed è per questo che tale compost si prevede venga trattenuto nel WC ed utilizzato per la copertura giornaliera della discarica. La bassa qualità del compost è dettata sia dall'assenza di un sistema di selezione all'origine dei rifiuti, sia dalla tecnologia utilizzata per separare il materiale organico (un vaglio con una maglia di 80 mm) che non garantisce un'adeguata efficienza di separazione. Per queste ragioni, l'obiettivo prioritario ad oggi del trattamento biologico, non è tanto quello di ottenere del compost, ma quanto più di provvedere alla biostabilizzazione del materiale organico, prima del suo smaltimento in discarica. Il materiale compostato smaltito in discarica ha un potenziale di impatto ambientale notevolmente inferiore rispetto al materiale organico fresco, soprattutto per quanto riguarda la produzione di biogas.

La quantità di compost che si ottiene dai rifiuti biodegradabili che vengono portati agli impianti di trattamento si stima essere in genere circa il 30-40% dei rifiuti in ingresso (GEOflint, 2011). Questa percentuale è un valore medio, determinato in base ai dati raccolti dai differenti impianti di trattamento dei RSU presenti sul territorio libanese. La restante porzione in peso di materiale organico è dispersa in atmosfera sotto forma di anidride carbonica e vapore acqueo.

Se si considera che i rifiuti biodegradabili costituiscono circa il 60% del totale dei RSU, è possibile stimare la quantità di compost prodotto in un caso pessimistico, utilizzando un tasso di produzione del 40% rispetto al totale dei RSU in ingresso all'impianto, come segue:

**QUANTITÀ TOTALE ANNUA DI COMPOST PRODOTTO:**  
 $21'900 * 40\% = 8'760 \text{ ton/anno}$

Questa quantità non è la quantità annua di compost realmente ottenuta dall'impianto di Baalbek poiché 8000 tonnellate all'anno di materiale organico vengono inviate prima al

processo di digestione anaerobica e poi al compostaggio. La digestione anaerobica genera altre perdite di processo.

Considerando un tasso annuo di crescita dei RSU del 6,5% (Mediterranean European Technical Assistance Programme, 2003), le proiezioni per i prossimi 10 anni sono riassunte nella Tabella 1.11.

<b>Anno</b>	<b>Produzione RSU (ton/anno)</b>	<b>Produzione Compost (ton/anno)</b>
2014	21'900	8'590
2015	23'323	9'148
2016	24'839	9'743
2017	26'454	10'377
2018	28'173	11'051
2019	30'004	11'769
2020	31'954	12'534
2021	34'031	13'349
2022	36'243	14'216
2023	38'599	15'140
2024	41'108	16'125
<b>TOTALE</b>	<b>336'628</b>	<b>132'042</b>

Tabella 1. 11: Proiezioni per i prossimi 10 anni relative alla produzione di RSU e compost

Poiché il compost nella fase di fermentazione richiede un periodo medio di giacenza di circa 30 giorni per terminare il processo, è necessario che l'area predisposta ad accogliere le andane abbia una capacità di accumulo di circa 700 ton, corrispondente proprio a 30 giorni. Ogni pila si prevede sia lunga 50 m e larga 5 m e dovrebbe rappresentare un'unità separata e indipendente di compostaggio. Le pile sarebbero caricate approssimativamente un giorno sì ed uno no: una pala gommata raccoglie il materiale organico dall'area di carico e lo dispone ordinatamente in pile.

Una macchina miscelatrice (rivolta cumuli) con una parte mobile, un tamburo dentato e un conveyor, miscela il materiale e ne causa il movimento verso la parte bassa delle pile, con una media di 3,65 m/giorno, massimizzando e mantenendo la stessa profondità su tutta la fila. Dopo ogni agitazione, si rende disponibile dello spazio nella zona di avallamento (baia), utile a caricare altro materiale. Quando la macchina raggiunge il termine della pila, un interruttore attiva i controlli per sollevare il tamburo e il conveyor e la macchina si sposta attraverso un carrello di movimentazione. Il carrello si muove fino alla pila successiva e l'agitatore procede lungo tutta la pila fino al suo termine. Il tamburo e il conveyor si abbassano di nuovo e il processo viene ripetuto. Siccome il controllo è automatico, non è richiesta la presenza di un operatore quando la macchina lavora. Il compost resta nelle pile per almeno 30 giorni. Durante questo periodo di stoccaggio si prevede che la macchina miscelatrice in media operi una volta al giorno, sette giorni su sette. Ma per ogni unità di compostaggio/pila la frequenza con cui opera la macchina può essere adattata, aumentandone o riducendone gli interventi quotidiani. Il processo di miscelazione giornaliera della pila consente di sottoporre tutto il

materiale disposto per il compostaggio alla digestione microbiologica. La miscelazione, infatti, accelera il processo di compostaggio rendendo il materiale sciolto e poroso al fine di migliorare il movimento interno del materiale, creare condizioni aerobiche e consentire una distribuzione più uniforme della temperatura.

Dopo tale trattamento di circa 30 giorni, il materiale è pronto per essere sottoposto ai processi di polimerizzazione e rifinitura. Il materiale compostato viene, quindi, rimosso dall'area di fermentazione per essere trasportato verso la zona di maturazione, dove rimane per altri 40 giorni.

### **Processo di rifinitura**

Dopo i 40 giorni necessari alla maturazione del compost, la pala gommata deposita il materiale compostato in un vaglio rotativo dove il restante particolato fine (come pietre, plastica e vetro) viene rimosso. La vagliatura finale consente, dunque, di eliminare le porzioni di impurità più fini dal compost prima che esso venga inviato alla sua destinazione finale.

#### *1.4.1.4 Materiali riciclabili e di scarto*

Il termine “riciclabile” indica la possibilità di riutilizzare il materiale da rifiuto nella stessa forma o in altre forme, per realizzare lo stesso oggetto o altri oggetti utili. Dopo una prima classificazione in base alle dimensioni (tramite il vaglio rotativo) e una successiva separazione manuale o meccanica, tutti i materiali riciclabili vengono stoccati separatamente in specifiche aree. I bidoni che raccolgono il materiale riciclabile sono collocati lungo tutta la linea di separazione (con un'altezza di 3 m e un'area di 4,5m\*3m). Il conveyor su cui il materiale viene trasportato è sopraelevato da terra e i bidoni di raccolta sono posizionati al di sotto di esso in corrispondenza delle stazioni di separazione. I volumi di materiale riciclabile ottenuti vengono poi stoccati in un'area per essere prelevati e venduti. La frequenza delle operazioni di carico dipende dalle quantità accumulate.

Il materiale di scarto (“resto di cernita”, né riciclabile né compostabile) come pneumatici, stoffe e scarpe, è stoccato in un'area specifica per essere poi inviato in discarica. La Discarica Sanitaria, che fa parte del Waste Compound, è stata predisposta a ricevere tale materiale.

#### *1.4.1.5 Strumentazione per il controllo degli odori*

Sistemi di ventilazione e di controllo degli odori devono essere adottati per tutte le attività che avvengono al chiuso: dallo scarico alla separazione, fino al compostaggio dei rifiuti solidi. Soprattutto è fondamentale che la ventilazione mantenga all'interno dello stabile una condizione di sottopressione, così da evitare il rilascio di odori sgradevoli quando una o più porte vengono aperte.

Emissioni di odori, gas e polveri dall'Impianto di Trattamento Meccanico Biologico possono causare molti fastidi e conseguenti lamentele da parte di chi abita sul territorio oppure condurre al superamento degli standard di qualità ambientale. Sotto determinate condizioni, le emissioni di odori sono percepite anche dalle comunità che abitano fino a un miglio di distanza o più dalla fonte. Una tecnologia per il controllo degli odori che si dimostra essere

efficiente, ma anche sufficientemente economica, è il biofiltro. La biofiltrazione può ridurre il solforato di idrogeno delle emissioni fino al 95% e l'ammoniaca del 65% ed è un metodo utilizzato nel settore industriale da molti anni.

### Design del Biofiltro

Un biofiltro è semplicemente uno strato di materiale organico, tipicamente una mistura di compost e truciolo di legno, che fa da habitat ad una popolazione di microbi. L'aria con odori sgradevoli viene spinta attraverso questo strato ed è trasformata dai microbi in anidride carbonica e acqua. Alcuni fattori chiave influenzano le performance del biofiltro ed essi sono: il tempo durante il quale l'aria viene trattenuta nel biofiltro (tempo di contatto) e l'umidità contenuta nello strato di materiale. Il tempo di contatto è un parametro definito in fase di progettazione del filtro, mentre l'umidità dipende dalle pratiche di buona gestione. La dimensione, invece, dipende principalmente dalla quantità d'aria da trattare.

### Componenti e configurazione del biofiltro

Un biofiltro può avere due tipi di configurazioni: a letto aperto o a letto chiuso. I biofiltri a letto aperto sono quelli prevalentemente oggi più utilizzati. Essi sono tipicamente profondi 10-15 pollici e molto più larghi rispetto a quelli a letto chiuso. Vengono costruiti all'esterno, sul terreno, e sono esposti ad una varietà di condizioni atmosferiche incluse pioggia, neve e temperature estreme. Gli elementi che costituiscono un impianto di trattamento aria mediante biofiltro a letto aperto sono:

- Uno spazio ventilato meccanicamente
- Un sistema di movimentazione dell'aria che consente di prelevare l'aria satura di odori dall'edificio e dall'aria di stoccaggio dei materiali per inviarla al biofiltro
- Un air plenum che consente di distribuire l'aria in modo uniforme sotto il biofiltro
- Una struttura che consente di sostenere il mezzo sopra l'air plenum
- Uno strato poroso di materiale (mezzo) che costituisce il biofiltro, fonte di sostanze nutritive dove vivono i microrganismi e una struttura attraverso la quale può essere incrementata, trattenuta e resa disponibile altra umidità.

L'aria carica di odori e distribuita nell'edificio viene convogliata da un ventilatore e uniformemente distribuita sotto il mezzo del biofiltro. I microrganismi che nascono nel materiale organico creano un biofilm. Quando l'aria attraversa il biofilm, i microrganismi ossidano i gas biodegradabili, ottenendo anidride carbonica, acqua, sali minerali e biomassa (ad esempio, altri microrganismi). L'aria che esce dal biofiltro è aria pulita che ritorna all'ambiente.

La progettazione di un biofiltro si basa sulle seguenti informazioni: portata volumetrica di aria da trattare, specifici contaminanti dell'aria da eliminare e loro concentrazione, caratteristiche del mezzo, vincoli di dimensione, sistemi per il controllo dell'umidità, manutenzione e costo. Tutti questi parametri giocano un ruolo importante nel garantire sia un'efficiente trattamento del flusso d'aria, sia sufficiente economicità nel funzionamento del filtro.

## Flusso d'aria

Un biofiltro utilizzato per trattare l'aria satura proveniente da un Impianto di Trattamento Meccanico Biologico è dimensionato per trattare il massimo flusso d'aria proveniente dai sistemi di ventilazione, che generalmente corrisponde al flusso relativo alla stagione estiva.

## Caratteristiche dello strato di materiale organico (o mezzo)

La selezione del mezzo, sul quale si costruisce il biofilm, è un parametro progettuale critico nel design del biofiltro. Per far funzionare in modo efficiente un biofiltro, il mezzo deve rappresentare un perfetto habitat per i microrganismi e per la loro crescita, oltre a dover essere abbastanza poroso da permettere all'aria di attraversarlo liberamente e scorrevolmente. Proprietà critiche del mezzo sono: la porosità, la capacità di trattenere umidità, il contenuto nutritivo e la lenta decomposizione. In Tabella 1.12 vengono elencate le caratteristiche di diversi mezzi, una miscela di questi materiali presenta dei vantaggi che corrispondono alla combinazione di tali caratteristiche.

<b>Materiale</b>	<b>Porosità</b>	<b>Capacità di preservare l'umidità</b>	<b>Capacità nutritiva</b>	<b>Vita utile</b>	<b>Commenti</b>
Torba	Media	Buona	Buona	Buona	Buoni habitat per i microrganismi
Suolo (terriccio pesante)	Bassa	Buona	Buona	Buona	
Compost	Media	Buona	Buona	Buona	
Truciolo di legno	Buona	Media	Media	Media	Buoni supplementi per la porosità
Paglia	Buona	Media	Bassa	Bassa	

Tabella 1. 12: Caratteristiche dei mezzi di un biofiltro

Siccome l'efficienza del biofiltro dipende dalla capacità dei microrganismi di distruggere i componenti organici e volatili presenti nell'aria, la quantità e la tipologia di microrganismi risulta essere di notevole importanza. Mezzi naturali sono torba, terreno e compost che naturalmente ospitano colonie di microbi. Tuttavia, una volta che il biofiltro è stato costruito, è necessario attendere un periodo di tempo breve (due o tre settimane) affinché lo strato di microrganismi si formi. Durante questo periodo l'efficienza del biofiltro è limitata. Una miscela adeguata a costituire il mezzo del biofiltro prevede una composizione approssimativamente compresa tra 30:70 e 50:50 in peso di compost e truciolo di legno o segatura. Il legno consente di incrementare la porosità del mezzo, mentre il compost garantisce l'habitat per i microrganismi, sufficienti sostanze nutritive e umidità per la loro crescita.

La vita utile di questo mezzo è di almeno tre anni e, in casi fortunati, anche cinque o più. Durante questo periodo, il mezzo si decompone e diventa denso, riducendo la sua porosità e facendo aumentare la pressione richiesta per fare in modo che l'aria lo attraversi. La forza richiesta per spingere l'aria ad attraversare il mezzo dipende, ovviamente, anche dalle dimensioni del flusso.

### Tempo di contatto

Il tempo di contatto è il tempo durante il quale l'aria risulta mantenersi in contatto con il mezzo che costituisce il filtro. Un tempo di contatto più lungo fornisce ai microrganismi più possibilità per trattare i gas maleodoranti presenti nell'aria. Il tempo di contatto dipende dallo specifico gas (o dai gas) da trattare e dalla sua (o loro) concentrazione.

### Controllo sull'umidità

Il controllo dell'umidità del mezzo è fondamentale per il buon funzionamento del biofiltro. Un controllo non adeguato dell'umidità può consentire al mezzo di asciugarsi, disattivando l'azione dei microrganismi e creando crepe e canalizzazioni dell'aria che riducono l'efficienza di filtraggio. Un eccesso di umidità può, invece, tappare le porosità del mezzo, causando un limitato flusso d'ossigeno nelle aree sature del filtro, finendo col creare condizioni anaerobiche. Un eccesso di umidità non è generalmente un problema, poiché il surplus viene drenato attraverso il mezzo oppure evapora, grazie al costante flusso d'aria che lo attraversa. Durante i mesi estivi, le alte temperature e l'incremento del flusso d'aria che attraversa il mezzo, generano le condizioni per un'asciugatura del filtro. La giusta umidità può essere ristabilita attraverso dei sistemi sprinkler diretti sul letto. Essi sono distribuiti in modo uniforme lungo tutto il letto. Durante il periodo invernale, quando il clima è piovoso, l'acqua dei temporali o la rottura dei sistemi d'irrigazione può causare la formazione di fango che straripa fuori dal mezzo. Questa miscela, conosciuta come percolato, può contenere un'alta concentrazione di nitrato e comportare, quindi, un rischio per l'ambiente. Fortunatamente, il mezzo di un biofiltro è generalmente in grado di assorbire molta pioggia, quindi la probabilità che si produca del percolato è molto bassa. Tuttavia, linee guida di progettazione suggeriscono di inserire uno strato di argilla, cemento o rivestimento in plastica, sotto il letto del biofiltro per raccogliere l'eventuale percolato.

### Temperatura

I microbi riescono a resistere solo ad un certo range di temperature (tra i 70 e il 90°F). In inverno, il freddo riduce l'azione dei microbi ma, allo stesso tempo, il flusso d'aria da trattare è minore. Molti biofiltri mantengono la temperatura ben sopra lo zero anche in inverno grazie ai continui flussi d'aria calda provenienti dagli edifici. Tuttavia, per gli edifici non riscaldati, il biofiltro d'inverno si raffredda, riducendo temporaneamente la sua efficienza. Non appena il biofiltro si riscalda nuovamente in primavera, i microrganismi diventano attivi di nuovo, e l'efficienza viene ripristinata.

## Ventilatori

I biofiltri sono sistemi efficienti solo se un adeguato flusso d'aria viene captato e forzato ad attraversarli. Questi flussi d'aria provengono, tipicamente, dalla ventilazione meccanica degli edifici. Un modo per aumentare l'efficienza nell'abbattimento degli odori consiste nell'aumentare la portata di flusso che attraversa il biofiltro, facendo crescere il numero o la dimensione dei ventilatori.

### 1.4.1.6 Problemi di Salute e Sicurezza

Alcuni studi si soffermano sulle potenziali implicazioni derivanti dalle emissioni di microbi dal biofiltro. In particolare sono state misurate tali emissioni per concludere che la concentrazione di microbi, in prossimità del filtro, è solo leggermente superiore rispetto a quella tipica di un ambiente aperto. In laboratorio si è verificato che, solo durante la fase iniziale, dopo la costruzione del biofiltro, il numero di spore presenti nell'aria è relativamente alto, poi esso tende rapidamente a diminuire e stabilizzarsi. La polvere e le emissioni organiche, dunque, non rappresentano un problema durante il normale funzionamento del biofiltro mentre, durante la fase di costruzione, di mantenimento e di rimozione, comportano un potenziale rischio per la salute. Un sistema di controllo delle polveri e dispositivi di protezione individuale (come mascherine anti polvere) sono utili a minimizzare l'esposizione a tale rischio.

### 1.4.2 Discarica Sanitaria

Una volta che è stata stimata la quantità di rifiuti da inviare in discarica, quest'ultima dovrebbe essere progettata per garantire una capacità di accumulo sufficiente rispetto a tale quantità. Il materiale diretto in discarica è materiale inerte, né compostabile né riciclabile. La capacità ottimale delle celle del sito dovrebbe consentire l'estensione del funzionamento per parecchi anni al fine di garantire che i grandi investimenti richiesti siano distribuiti su molte tonnellate di rifiuti.

I volumi annui previsti da smaltire in discarica, provenienti dall'Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico di Baalbek e relativi ai prossimi 10 anni, sono riassunti nella Tabella 1.13 (si suppone una densità dei rifiuti in discarica di 0,8 ton/m<sup>3</sup> e un tasso di crescita annuo dei RSU del 6,5%, (GEOflint, 2011)).

Anno	Produzione RSU (ton/anno)	Materiale da smaltire proveniente dal MBTF (ton/anno)	Volume di materiale da smaltire proveniente dal MBTF (m <sup>3</sup> /anno)
2014	21'900	3'077	3'846
2015	23'323	3'277	4'096
2016	24'839	3'490	4'363
2017	26'454	3'717	4'646
2018	28'173	3'958	4'948

2019	30'004	4'216	5'270
2020	31'954	4'490	5'613
2021	34'031	4'782	5'978
2022	36'243	5'092	6'365
2023	38'599	5'423	6'779
2024	41'108	5'776	7'220
<b>Totale</b>	<b>336'628</b>	<b>47'298</b>	<b>59'123</b>

Tabella 1. 13: Proiezione dei volumi annui di materiale proveniente dal MBTF da smaltire in discarica nei prossimi 10 anni

La Discarica Sanitaria, a differenza degli altri impianti del Waste Compound, non è ancora stata realizzata. Il progetto, ad oggi, è ancora in fase di definizione a causa dei ritardi che ci sono stati nella presentazione, discussione ed approvazione del Master Plan da parte dell'UNDP. L'appalto sul progetto definitivo della discarica, è stato vinto dalla società LACECO, ma il progetto esecutivo non è stato ancora presentato.

Dai Termini di Riferimento della gara d'appalto si deduce che tale progetto sarà dimensionato per servire un'area più vasta di quella servita dall'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico. La popolazione beneficiaria del progetto di discarica si stima essere circa 180'000 abitanti, corrispondente all'insieme dei distretti di Baalbek ed Hermel. La quantità di rifiuti smaltiti annualmente in discarica sarà, di conseguenza, ben superiore alla sola quantità corrispondente al resto di cernita derivate dal MBTF di Baalbek. Le quantità e i volumi di RSU che, nei prossimi 10 anni, complessivamente si prevede potranno essere smaltiti nella Discarica Sanitaria di Baalbek sono mostrati in Tabella 1.14 (si suppone una densità dei rifiuti in discarica di 0,8 ton/m<sup>3</sup> e un tasso di crescita annuo dei RSU del 6,5%, (GEOflint, 2011)).

<b>Anno</b>	<b>Materiale complessivo da smaltire (ton/anno)</b>	<b>Volume di materiale complessivo da smaltire (m<sup>3</sup>/anno)</b>
2014	21'213	26'516
2015	22'592	28'240
2016	24'060	30'075
2017	25'624	32'030
2018	27'290	34'113
2019	29'064	36'330
2020	30'953	38'691
2021	32'965	41'206
2022	35'107	43'884
2023	37'389	46'736
2024	39'819	49'774
<b>Totale</b>	<b>326'076</b>	<b>407'595</b>

Tabella 1. 14: Proiezione dei volumi annui di materiale complessivo da smaltire in discarica nei prossimi 10 anni

La discarica sarà costituita da due celle, con la possibilità di realizzare una terza cella nel futuro. Le dimensioni previste dai ToR (Terms of Reference) della gara d'appalto per il progetto sono:

- Un'area complessiva per le due celle di circa 22'000 m<sup>2</sup> ed un'altezza di circa 25 m.
- Il volume risultante, in base alle dimensioni sopra descritte, sarà di circa 550'000 m<sup>3</sup>.
- Considerando le pendenze naturali delle pareti dello scavo e lo strato finale di copertura, il volume si ridurrà di circa il 15%, arrivando ad avere un volume medio di circa 467'500 m<sup>3</sup>.

Ogni cella sarà progettata rispettando gli standard imposti dalla Direttiva Europea 1999/31/EC.

#### *1.4.2.1 Preparazione del sito e costruzione della Discarica*

La preparazione del sito e la costruzione della discarica richiederanno una sequenza precisa di attività, che inizieranno con le operazioni di scavo e i successivi piani d'isolamento. Tali attività andranno realizzate secondo apposite procedure che garantiscono l'ottenimento del volume di spazio richiesto per lo smaltimento e isolando questo spazio dall'ambiente esterno (MoE (Ministry of Environment), 2001). Tali pratiche, così come vengono descritte di seguito, sono semplici criteri concettuali che vengano approfonditi e sviluppati nel dettaglio nei documenti di progetto:

1. per ogni singola cella, preparazione dell'area prevista sul versante inferiore dell'appezzamento per ridurre le attività di scavo;
2. creazione di due livelli di mura in gabbioni sulla pendenza inferiore dell'area per aiutare ad ottenere l'altezza desiderata di 25m;
3. raccogliere e pulire i residui di roccia persi dai bordi dello scavo per rendere la pendenza laterale non più ripida di 1:1;
4. raccogliere il terreno sul fondo dello scavo e livellare la superficie, facendo in modo che ogni punto della parete non superi per più del 2% in altezza il punto più profondo dello scavo;
5. inserire uno strato compresso di argilla, distinguendo due strati di 25 cm con coefficiente d'impermeabilità  $k < 5 \cdot 10^{-9}$  m/s;
6. disporre una geomembrana HDPE (spessa 1,5-2 mm) sopra lo strato di argilla;
7. inserire uno strato di sabbia di 25 cm che garantisca un corretto drenaggio;
8. installare uno strato di geotessuto, sopra la sabbia, per consentire un'adeguata lisciviazione dell'acqua: tale strato serve ad evitare la miscelazione del terreno della discarica con la sabbia;
9. installare una rete e un sistema di drenaggio sulla base inferiore della geomembrana, che consentano di raccogliere il percolato;
10. depositare il materiale inerte da smaltire e provvedere alla compattazione ogni 50 cm di materiale scaricato;
11. copertura dell'intera cella (al termine del suo utilizzo) con uno strato di materiale drenante di spessore 50 cm per la captazione del biogas;
12. inserire uno strato di materiale impermeabile di spessore 30 cm;
13. installazione di una geomembrana di spessore 2 mm;

14. installazione di una rete e di un sistema di drenaggio sulla base superiore della geomembrana per garantire la raccolta delle acque piovane e ridurre la formazione di percolato;
15. installazione di uno strato di suolo superficiale di spessore 30 cm;
16. rimessa a verde;
17. inserimento di una rete metallica sui pendii per stabilizzare il suolo e il terreno dello strato superiore e per rendere verde il paesaggio, con una vegetazione adeguata.

#### 1.4.2.2 Copertura giornaliera

I rifiuti nella discarica sono ricoperti ogni giorno da un materiale/terreno di rivestimento che deve seguire gli standard imposti dal Ministero dell'Ambiente, al fine di ridurre i fastidi e i danni alla salute, sicurezza e ambiente. Nel caso della discarica di Baalbek si utilizza il compost proveniente dall'impianto per il trattamento Meccanico Biologico e si ipotizza un tasso di copertura di 1:4.

#### 1.4.3 Impianto per la Produzione di Biogas

La digestione anaerobica è un processo che avviene naturalmente, durante il quale dei microrganismi operano per abbattere la frazione organica della materia, in condizioni di assenza di ossigeno. Nei processi di digestione anaerobica progettati, la reazione prende luogo in specifici reattori, o camere chiuse, dove si mantiene il controllo su alcune condizioni ambientali critiche, come il contenuto di umidità, la temperatura e il livello di PH, col fine di massimizzare la produzione di biogas e il tasso di decomposizione dei rifiuti.

Uno dei sottoprodotti generati durante il processo di digestione è il biogas, che consiste in una miscela di metano (che rappresenta una frazione tra il 55% e il 70%) e anidride carbonica, utilizzato per la produzione di energia elettrica. Il beneficio principale della digestione anaerobica (Anaerobic digestion, AD) è la produzione netta di energia. Dell'energia prodotta dall'impianto al massimo il 20%, in funzione del tipo di tecnologia utilizzata, viene richiesta dallo stesso impianto, mentre la porzione restante può essere venduta o distribuita ad altri impianti, sottoforma di calore, vapore o energia elettrica.

La quantità di biogas prodotto dipende da parecchi fattori chiave, compresi la progettazione del processo, la quantità di solidi volatili nella carica del digestore e il rapporto carbonio/azoto (C:N) che caratterizza il materiale. Durante gli ultimi 20 anni, sono state sviluppate diverse tecnologie AD adatte a processare biomassa con origine diversa, le più usate sono descritte in Tabella 1.15.

CRITERI	TIPI DI IMPIANTO	CARATTERISTICHE
Processo termico	Psicrofilia	20°C
	Mesofilia	35-37°C
	Termofilia	55°C
Frazione solida nel processo	Digestione umida	5-8% totale materiale solido
	Digestione semi-asciutta	8-20% totale materiale solido
	Digestione asciutta	>20% totale materiale solido
Fasi biologiche	Singola fase	Tutte le reazioni chimiche avvengono

		nello stesso reattore
	Fasi Separate	La fase idrolitica e acidogenica avvengono separatamente rispetto alla fase metanogenica
Modalità operativa	Reazioni in continuo	Il materiale è miscelato e collegato ad un sistema in continuo
	Reazioni in batch	Il materiale non è miscelato nelle celle

Tabella 1. 15: Tecnologie AD

#### 1.4.3.1 Tecnologia selezionata

Data la grande quantità d'acqua richiesta e la mancanza, nel Waste Compound, di un Impianto di Trattamento delle Acque Reflue, che consenta di processare tutti gli scarichi provenienti dall'impianto, le tecnologie che prevedono una digestione umida e una digestione semi-asciutta, sono state scartate immediatamente. Fin dall'inizio, tra le tecnologie a flusso continuo, è stata valutata solo la tecnologia che prevede una digestione a secco (o asciutta), anche se essa richiederebbe in ingresso materiale di dimensioni non superiori a 40 mm, mentre il materiale organico proveniente dal MBTF viene selezionato attraverso un vaglio di dimensione 80 mm. Inoltre tale tecnologia richiederebbe alte competenze tecniche e manutentive, che in Libano non sono disponibili.

La sola tecnologia adatta che è stata individuata e selezionata per il Waste Compound è la Digestione Anaerobica a Secco in Batch. In Tabella 1.16 sono riassunte le ragioni di questa scelta.

Vantaggi	Commenti	Svantaggi	Commenti
-Semplice gestione -Non ci sono restrizioni sulle dimensioni del materiale in ingresso	-Per la Gestione dei Rifiuti in Libano è meglio scegliere tecnologie facili da gestire -Le dimensioni della biomassa proveniente dal MBTF sono comprese tra 0 e 80 mm	-Richiesta molta manodopera	-La manodopera in Libano costa poco
-Affidabilità	- L'AD è la prima volta che viene adottata in Libano	-Minore produzione di biogas	-Il progetto è un progetto pilota, per il quale risulta più importante garantire affidabilità piuttosto che un'elevata produzione -I sistemi in batch sono modulari
-Non richiede sistemi di tecnologia avanzata, poco	-Nel Paese non è diffusa molta tecnologia avanzata -Il progetto ha un budget	-Richiede molto spazio (se confrontato col compostaggio)	-È disponibile uno spazio per un impianto pilota con due celle ed è stato

diffusi -Bassi costi di costruzione -Non necessita di acqua da miscelare coi rifiuti	limitato -Fonti d'acqua non sono disponibili		già riservato uno spazio per future estensioni
--	---	--	--

Tabella 1. 16: Riassunto delle ragioni che hanno orientato la scelta verso una Digestione Anaerobica a Secco in Batch

In APPENDICE 4 è proposta una rappresentazione CAD del layout dell'impianto e dei suoi elementi.

#### 1.4.3.2 Il processo

Il materiale organico, o i rifiuti organici, sono introdotti nel digestore con un substrato che è già stato fermentato. Nel digestore, dopo che questo è stato riempito, inizia la fermentazione in condizioni di carenza d'aria. La continua riproduzione batterica si verifica grazie al ricircolo del percolato liquido, che viene spruzzato sul materiale organico. Durante la fermentazione, non è necessaria nessuna ulteriore miscelazione, pompaggio o agitazione all'interno del digestore, e non deve essere introdotto altro materiale. L'eccesso di materiale liquido è raccolto attraverso un sistema di drenaggio, stoccato temporaneamente in un serbatoio, e poi ri-spruzzato sulla biomassa. La temperatura ottimale per una fermentazione ad opera di batteri mesofili è di 35-37°C, ed essa viene regolata mediante un sistema di riscaldamento delle pareti e del pavimento. Il biogas prodotto è poi pompato in un'unità di cogenerazione e consente di produrre elettricità. La produzione continua di biogas è garantita tramite due digestori che operano simultaneamente con produzione progressiva di biogas. Una volta che il processo di fermentazione è completato, i digestori vengono svuotati e la materia digerita subisce un ulteriore processo di compostaggio, o è essa stessa usata come compost.

In APPENDICE 5 vi è un schema di tutti i flussi energetici e di materiale che interessano l'impianto per la Produzione di Biogas.

#### 1.4.3.3 Espansione modulare

I digestori sono a tenuta di gas, oblungi e di calcestruzzo e possono essere riempiti o svuotati mediante caricatori a ruota o pale gommate. Poiché gli Impianti di Fermentazione a Secco, trattano rifiuti con un contenuto davvero alto di materiale asciutto, essi sono costruiti in modo molto compatto. Dando un'impostazione modulare, però, la capacità dell'impianto potrebbe essere facilmente aumentata nel tempo, in funzione delle esigenze. Più digestori potrebbero essere costruiti vicini ai due che oggi costituiscono il sistema e lavorare simultaneamente e in progressione per garantire la produzione continua di biogas. Il sistema è, inoltre, perfettamente integrabile con l'impianto di compostaggio.

#### 1.4.3.4 Sistema di riscaldamento a pareti e pavimento e le porte

Una temperatura di circa 35-37° è mantenuta e regolata, all'interno dei digestori, mediante l'utilizzo di un sistema di riscaldamento a pavimento e a pareti. Dei tubi per il riscaldamento

sono stati integrati nelle pareti e nel pavimento dei reattori durante la loro costruzione. In aggiunta uno scambiatore di calore riscalda il liquido di percolazione con cui il digestore si autoalimenta. Tutto questo consente un controllo ottimale delle temperature all'interno del digestore. I digestori di Fermentazione a Secco hanno porte d'acciaio a saracinesca, controllate da un comando idraulico. Esse hanno un sigillo che, quando è aderente alle mura di cemento dell'ingresso, rende l'entrata a tenuta di gas. Prima che le porte siano aperte l'aria nel sigillo viene rilasciata e le porte vengono aperte muovendosi dall'alto verso il basso. Il sistema funziona sotto una pressione della luce di passaggio fino a 20 hPa, che previene ogni forma di esplosione gas-aria, anche in caso di perdita.

#### 1.4.3.5 Interazioni con MBTF

L'impianto di biogas ha due zone di ingresso per:

- I rifiuti provenienti dalla linea di separazione del MBTF, che hanno dunque origine da un rifiuto indifferenziato;
- I rifiuti organici "puliti" come rifiuti da mercato, oli esausti, rifiuti da macello ecc., provenienti dall'esterno.

Si è presa in considerazione l'ipotesi di aggiungere, prima della digestione, materiale organico "pulito", poiché il materiale organico proveniente dal MBTF non può essere considerato materiale "pulito", infatti attraverso il processo di vagliatura, con il quale viene selezionato, passano anche molte impurità.

Va sottolineato che, tramite i rifiuti organici provenienti da un processo di raccolta con separazione alla fonte, sarebbe possibile ottenere una produzione media di biogas di 450-700 m<sup>3</sup>/t di rifiuti, che risulterebbe molto superiore alla produzione di 100 m<sup>3</sup>/t, ottenuti mediante la sola frazione di rifiuti organici provenienti da MBTF, e di 150 m<sup>3</sup>/t, raggiunti attraverso l'aggiunta di una frazione di biomassa "pulita".

I rifiuti organici provenienti da MBTF vengono caricati su una pala gommata per essere inviati, nelle quantità richieste, alla zona di miscelazione. L'area di miscelazione include un'altra area di accesso e di stoccaggio, dove entra e viene conservato il materiale "pulito", reso così disponibile per essere mescolato ai rifiuti organici, se necessario. La miscelazione avviene mediante la pala gommata; non esistono altre macchine di miscelazione. Quando l'Impianto per la Produzione di Biogas avrà ricevuto la quantità richiesta di rifiuti organici, la restante porzione sarà indirizzata direttamente all'area di compostaggio del MBTF. I rifiuti organici saranno scaricati sul pavimento di fronte alle celle di fermentazione. La movimentazione dei rifiuti avviene sempre in un'area coperta, come per il MBTF, col fine di ridurre l'emissione di odori sgradevoli. Siccome l'efficienza del processo dipende fortemente dalla dimensione e qualità dei rifiuti organici, potrebbe essere necessario, in futuro, installare una tritratrice, prima dell'area predisposta alla miscelazione con la biomassa "pulita". Questo col fine di ridurre le dimensioni della carica in ingresso ai reattori ed aumentare, di conseguenza, il rendimento della produzione di biogas. Terminato il processo, il digestato viene rimandato indietro, mediante la pala gommata, al MBTF per essere compostato.

#### *1.4.3.6 Efficienza di funzionamento*

Il principale vantaggio della tecnologia con fermentazione a secco è la mancata necessità di una continua miscelazione della biomassa. Infatti, non sono necessarie unità di pompaggio e agitazione, come per i processi in umido. Il substrato di fermentazione generalmente non richiede un pretrattamento. La tecnologia è, inoltre, molto semplice e robusta. Tuttavia, se il materiale organico in ingresso ha subito nel MBTF solo un processo di vagliatura, con diametro della maglia di 80 mm, è preferibile sottoporre tale materiale, come già detto, ad una pre-triturazione. In futuro una trituratrice andrebbe installata prima dell'area di miscelazione. I digestori a secco non presentano parti mobili. Inoltre i costi di usura e di rottura sono bassi, così come i costi di manutenzione e per il personale. Il consumo di energia del processo è minimo, e inoltre esso consente di trattare biomassa con basso tasso di umidità e con l'inclusione di diverse sostanze interferenti.

#### *1.4.3.7 Controllo computerizzato*

Il processo è monitorato e controllato con un sistema computerizzato (PLC). Tutti i parametri, relativi a ricircolo del percolato, riscaldamento e unità di cogenerazione, sono regolati per ogni digestore. Il costante monitoraggio e controllo dei parametri consente la continua ottimizzazione del processo e il raggiungimento delle massime performance di fermentazione all'interno dei digestori.

#### *1.4.3.8 Sicurezza*

L'impianto deve essere sottoposto ad un sofisticato sistema di sicurezza. In particolare, sono possibili esplosioni a causa del trasferimento di una porzione del metano prodotto in aria, durante lo svuotamento del digestore. Le miscele aria-metano sono infiammabili ed esplosive e devono essere evitate. È per questo che, durante il riempimento e lo svuotamento del digestore, si devono attivare i sistemi di ventilazione che garantiscono il costante getto d'aria fresca. L'aria entra nelle celle attraverso delle aperture a soffitto, con controllo pneumatico: ogni cella è provvista di 10 aperture a soffitto. Inoltre, una camera di controllo è stata progettata per garantire una visione diretta dei parametri di sicurezza durante tutto il processo di caricamento del digestore. In caso di sovrapproduzione di gas, esso viene stoccato in un serbatoio. Quando il serbatoio è pieno, il gas in eccesso viene bruciato attraverso una torcia. La fiamma è usata anche per bruciare il biogas prodotto all'inizio del processo, finché i sensori con controllo automatico non indicano una composizione del biogas con almeno il 60% di metano. L'impianto è provvisto di un impianto antincendio certificato.

#### *1.4.3.9 Prodotti in uscita*

- Elettricità

L'elettricità è prodotta usando due cogeneratori da 100kW/h di potenza, collocati in una camera apposita. Una conduttura devia il biogas dal serbatoio ai motori. Il condotto per le emissioni esauste dei motori va diretto verso una delle celle dove, alla fine del processo, tali emissioni sono necessarie per neutralizzare il biogas ed evitare rischi di esplosioni, mentre si

aprono le porte della cella. Se nessuna cella, in quel momento, necessita di essere aperta le emissioni vengono liberate in atmosfera. L'elettricità prodotta è in parte usata nell'impianto di biogas e in parte inviata agli altri impianti, in funzione delle loro richieste, attraverso una rete dedicata. Il motore viene raffreddato tramite un sistema di ricircolo del percolato.

- **Calore**

L'impianto di cogenerazione fornisce anche la possibilità di distribuire calore. Attualmente non è disponibile una rete di riscaldamento che sfrutti questo calore ma, nel futuro, si potrebbero ottenere fondi per realizzare un sistema di riscaldamento che serva le vicine scuole o ospedali.

- **Digestato compostabile**

Il materiale digestato è la frazione solida che rimane alla fine del processo AD. Le quantità di digestato possono variare a seconda della modalità di gestione del processo, della sua durata e della qualità dei rifiuti in ingresso. Si assume, in media, che esso costituisca il 65-70% in peso della biomassa in ingresso. Il digestato, alla fine del processo, è completamente stabilizzato e può essere inviato al processo di compostaggio, dove sarà unito a legno e altro materiale organico "secco e pulito", per ottenere del compost.

Supponendo che il materiale selezionato con il vaglio rotativo sia per l'80% materiale organico, delle 8000 ton/anno rivolte al processo AD solo 6400 ton/anno sono effettivamente materiale organico. Per 6400 ton/anno di materiale organico in ingresso, si ottengono da tale processo 4480 ton/anno di digestato (Studio Azue, December 2011).

## **1.5 Possibili sviluppi futuri: linea di compostaggio dell'organico pulito di provenienza agroalimentare**

Nella regione di Baalbek il settore industriale è per lo più incentrato sui prodotti agroalimentari. Sul territorio operano un numero limitato di aziende di medie dimensioni; tali aziende, nel futuro, potrebbero essere coinvolte nella selezione di materiale organico pulito col fine di ottenere compost di alta qualità. Il compost derivante da rifiuti organici puliti può raggiungere gli standard di grado A e B definiti dal MoE ed essere rivenduto agli stessi agricoltori, a prezzi contenuti, come fertilizzante per il terreno. L'obiettivo generale di tale possibile sviluppo è di contribuire al miglioramento della sostenibilità ambientale del sistema di gestione dei rifiuti di Baalbek. Inoltre, come progetto pilota, tale intervento punterebbe anche a verificare la fattibilità di un modello di gestione dei rifiuti più partecipativo che, oltre ad avere un impatto positivo sulle condizioni ambientali e di vita della popolazione beneficiaria, avrebbe ricadute sociali più ampie. Questa esperienza potrebbe fornire indicazioni utili al miglioramento del sistema di gestione dei rifiuti nelle aree rurali del Libano e a favorire l'adozione di buone pratiche che vanno nella direzione di una riduzione dei rifiuti conferiti in discarica e di un riuso e riciclaggio delle risorse.

Riassumendo tale possibile sviluppo, che ad oggi rimane ancora una semplice ipotesi, potrebbe assumere notevole rilevanza in termini di conseguenze sociali: migliorando nel

complesso il sistema di gestione dei rifiuti solidi di Baalbek, favorendo pratiche di agricoltura sostenibile, determinando un vantaggio economico per gli agricoltori relativo all'approvvigionamento dei fertilizzanti e prevedendo un maggior livello di coinvolgimento e partecipazione di almeno una porzione di popolazione e società civile alla gestione integrata dei rifiuti. In caso di successo questo approccio potrebbe, inoltre, essere esteso ad altre realtà del Libano, in un quadro più ampio di strategie.

### ***1.5.1 I rifiuti provenienti dal settore agroalimentare***

Attualmente le aziende agroalimentari sul territorio non effettuano alcuna raccolta differenziata dei rifiuti, provvedendo allo smaltimento contemporaneo dei rifiuti organici e di quelli di altra natura, principalmente plastica (teli per la copertura, tubi per l'irrigazione e sacchetti dei fertilizzanti). La linea di compostaggio dell'organico pulito richiederebbe, invece, una raccolta a monte dei rifiuti umidi di tali aziende (principalmente residui di piante coltivate e letame, altrimenti non utilizzato) necessari per produrre il compost. Una volta prodotto, il compost potrebbe essere venduto agli stessi agricoltori che operano sul mercato locale contribuendo così a migliorare le pratiche agricole verso un'agricoltura più sostenibile. Gli agricoltori dovrebbero essere interessati ad adottare questa tecnica di riciclaggio del materiale organico col fine, non solo di ridurre l'impatto sull'ambiente e sulla salute delle correnti pratiche di gestione, ma anche per produrre fertilizzante organico (compost) a costi contenuti, utilizzando in maniera produttiva gli scarti organici delle coltivazioni, con conseguenti effetti positivi sulla qualità della propria produzione agricola e sulla sua redditività.

L'ipotesi d'intervento prevede che per le aziende agroalimentari sia creata nel Waste Compound una linea specifica per la produzione di compost, distinta dalla linea dedicata alla biostabilizzazione dei RSU indifferenziati. Per dimensionare tale linea è necessario quantificare le tonnellate di rifiuti organici che annualmente tali aziende producono.

Durante un'indagine sul territorio, realizzata dalla società bolognese Studio Azue, sono stati rilevati molti tipi di residui agricoli adatti alla linea di compostaggio dell'organico pulito (Studio Azue, December 2011). Il responsabile del dipartimento del MoE di Baalbek ha precisato, però, che nessuna di queste tipologie è in realtà del tutto disponibile, poiché sono spesso riutilizzate dagli stessi agricoltori per scopi diversi. Dall'esperienza acquisita lavorando sul territorio, i rappresentanti della stessa società suggerirebbero di chiedere agli agricoltori ed aziende agroalimentari di fornire direttamente al WC il materiale organico pulito selezionato, senza dover impostare un sistema di raccolta differenziata distribuito sul territorio. In questo modo sarebbe anche possibile mantenere distinte le diverse tipologie di rifiuto organico nelle apposite aree di stoccaggio.

I principali rifiuti agricoli prodotti sul territorio sono individuati nella Tabella 1. 17.

Produzione	Rifiuto	Processo	Uso alternativo
Olive	Polpa d'oliva	Rifiuti provenienti dall'estrazione dell'olio	Venduto dagli agricoltori per far estrarre il resto dell'olio mediante solventi,

			tale olio è poi rivenduto, dopo essere stato compattato, come olio combustibile
Olive	Rami e foglie degli alberi	Coltivazione degli ulivi	Questo materiale non è usato
Pollame	Piume, uova rotte e letame	Allevamento del pollame	Fertilizzante agricolo
Letame di vacca	Letame	Allevamento del bestiame	Fertilizzante agricolo
Industria alimentare	Rifiuti generici di produzione simili ai rifiuti di cibo da cucina provenienti da sistemi di raccolta differenziata alla fonte	Imprese agroalimentari, come produzione di succhi, latte, prodotti surgelati e conserve	Bruciati o smaltiti in discarica

Tabella 1. 17: Principali rifiuti organici prodotti sul territorio di Baalbek

A questi rifiuti di provenienza agroindustriale si aggiungono anche i rifiuti dei macelli. I rifiuti provenienti dalla macellazione degli animali sono rifiuti molto pericolosi se smaltiti nel terreno, poiché sono carichi di sangue e responsabili della produzione di percolato altamente inquinante. In molti casi il sangue, se non correttamente gestito, raggiunge la rete fognaria civile finendo poi nei fiumi e nelle acque superficiali. La biostabilizzazione di tali rifiuti diventa dunque un obiettivo di primaria importanza.

### 1.5.2 Il processo e le modifiche di layout dell'impianto

Una linea di compostaggio comprende sempre una zona operativa e una zona di stoccaggio. La zona operativa è divisa in diverse aree: un'area dedicata al processo di compostaggio o fermentazione vero e proprio, un'area per la maturazione del compost, un'area destinata alla triturazione e all'insaccamento finale, ed infine uno spazio destinato allo stoccaggio del compost prodotto in attesa di essere caricato e venduto. L'area operativa comprende anche lo spazio utile a tutte le operazioni di scarico dei rifiuti, che sono poi ordinati in cumuli nelle aree di stoccaggio predisposte per le diverse tipologie di materiale.

La Tabella 1.18 mostra gli elementi necessari ad una linea di compostaggio generica e gli elementi che sarebbe necessario integrare al MBTF di Baalbek.

Elemento	Linea di compostaggio dell'organico pulito	Linea di compostaggio dell'organico pulito in Baalbek
Area di selezione	si	no
Area di stoccaggio (contenitore dei rifiuti)	si	si
Area di maturazione	si	si
Trituratore	si	si
Macchina per	si	si

l'impacchettamento		
Area di compostaggio	si	si

Tabella 1. 18: Elementi necessari per una linea di compostaggio dell'organico "pulito" ed elementi da integrare nel MBTF di Baalbek

I rifiuti organici dovranno essere trasportati dalle stesse aziende agroalimentari nell'area di ingresso del Waste Compound. La quantità di rifiuti agricoli sarà pesata e registrata, per poi essere stoccata nell'apposita area. Tali rifiuti dovrebbero rimanere il meno possibile in stock, per evitare problemi relativi all'emissioni di odori sgradevoli. Nell'area di stoccaggio dovranno essere presenti componenti secche dei rifiuti organici puliti e componenti più umide, per realizzare una nuova pila e attivare il processo di fermentazione. Solo quando un mix di tali rifiuti sarà disponibile, verrà utilizzata la pala gommata per costruire una nuova pila.

Sarà necessario aggiungere all'impianto MBTF un'area al coperto destinata al processo di fermentazione dell'organico pulito e un'area scoperta destinata alla maturazione del compost. Il materiale organico, soprattutto se di provenienza vegetale, deve subire un processo di triturazione che ne riduca le dimensioni, andando così a ridurre il volume occupato dalle pile e agevolando il processo di compostaggio. Nel layout di questa nuova stazione di compostaggio, si suggerisce di predisporre le pile seguendo una certa stratificazione (Francia, 2012):

-il primo strato dovrebbe essere formato da materiale vegetale secco, come paglia e fili di mais, cioè materiale spesso e lungo, che va triturato e bagnato con spruzzi d'acqua. Il materiale secco conferisce struttura al processo, creando lo spazio necessario alla circolazione di aria, che rende i microrganismi attivi e consente loro di produrre calore. Questo strato di fondo permette inoltre all'acqua in eccesso di defluire dallo strato superiore. Tale strato dovrebbe essere di circa 10 cm.

-Il secondo strato dovrebbe essere costituito dal letame animale. Lo sterco animale contiene acqua, azoto, fosforo, potassio e altri microelementi. Tale strato dovrebbe avere uno spessore di circa 15 cm.

-Il terzo strato dovrebbe essere uno strato di materiale vegetale verde, fresco o appassito, quindi principalmente rifiuti provenienti da serre, come verdura e frutta raccolta e danneggiata. I materiali verdi forniscono umidità per la produzione di compost; danno acqua e sostanze nutritive ai microrganismi in modo che si moltiplichino e continuino l'attività digestiva. Questo strato dovrebbe essere di circa 20 - 25 cm.

Si potrebbe aggiungere infine una piccola quantità di ceneri biologiche utili per il contenuto di fosforo, potassio e molti micro-nutrienti come zinco, ferro e magnesio. La quantità di ceneri aggiunta non deve essere eccessiva altrimenti si rischia di bloccare il processo. Le ceneri biologiche possono essere fornite, ad esempio, da un'azienda locale che produce pane.

In molti casi questi cumuli vengono costruiti in fosse realizzate nel terreno e vengono semplicemente protetti da teli in plastica e non da altre strutture al coperto. Tale ipotesi rende ulteriormente vantaggioso il processo dal punto di vista economico, non prevedendo grandi investimenti, ma aumenta il rischio legato al rilascio di odori sgradevoli.

La gestione del processo, i parametri da monitorare e la frequenza di movimentazione dei cumuli dovrebbero essere gli stessi già descritti per la linea di compostaggio della frazione organica dei RSU indifferenziati. Con la differenza che, in tal caso, realizzando un processo di separazione alla fonte della frazione organica, il compost in uscita rappresenterà un prodotto diverso, ovvero un humus stabile e ricco di sostanze nutritive, utilizzabile nel settore agricolo come fertilizzante del terreno. Per poter essere usato a tale scopo è fondamentale che vengano rispettati e certificati gli standard definiti dal Ministero dell'Ambiente, che lo classifichino come compost di grado A o B. Nel caso di commercializzazione del compost la qualità rappresenterebbe, infatti, l'elemento più importante per garantire clienti soddisfatti e il proseguimento delle vendite. In alcuni Paesi, infatti, gli agricoltori che utilizzano un compost di bassa qualità sui loro terreni, sono rimasti feriti da frammenti di vetro o da aghi rimasti nel materiale. In altri casi, l'uso di compost di bassa qualità ha determinato problemi di contaminazione da agenti chimici, tossici o metalli pesanti. La qualità del compost andrebbe, dunque, necessariamente controllata e certificata.

Un costo sicuramente da includere in un eventuale studio di fattibilità di tale ipotesi è quello relativo alle analisi di laboratorio da realizzare sul compost prodotto e alle conseguenti certificazioni.

Un aspetto importante per raggiungere un adeguato livello d'igienizzazione del compost, è il controllo sulla temperatura durante tutto il processo e per tutti gli strati di materiale. In particolare questo è possibile attraverso un termometro che dovrebbe essere inserito in verticale al centro del mucchio attraverso i diversi strati. In base al valore di temperatura riportato si effettuano attività che favoriscono l'aerazione o che incrementano l'umidità del cumulo.

I test per verificare la quantità di calore prodotto e il livello di umidità dovrebbero essere realizzati all'incirca ogni 7/10 giorni finché il compost non risulta essere maturo.

Durante il processo si genera una grande quantità d'acqua di scarico e percolato che, invece di essere scaricata nelle fogne, potrebbe essere riutilizzata nel processo col fine di mantenere il giusto livello di umidità. Potrebbe dunque essere progettato un sistema di drenaggio e raccolta del percolato in un piccolo serbatoio a terra. Mescolando questi reflui con acqua fresca proveniente dalla rete idrica o con acqua piovana raccolta in un serbatoio, è possibile ridurre anche il consumo della risorsa idrica.

Al termine del processo il compost dovrà essere trasportato, attraverso la pala gommata, nell'area di triturazione, dove subirà il processo di triturazione, vagliatura e impacchettamento. Il compost deve essere triturato, nonostante il processo di digestione riduca già significativamente il peso e il volume del materiale: infatti ci vogliono circa tre tonnellate di rifiuti organici per produrre una sola tonnellata di compost finito. La macchina per l'impacchettamento potrebbe anche essere evitata, pensando di vendere compost sfuso attraverso contenitori di specifiche dimensioni, mentre non è possibile evitare la presenza di un vaglio che consenta la classificazione dimensionale delle particelle.

## **1.6 IPOTESI DI GESTIONE**

Il Waste Compound di Baalbek è costituito dai tre impianti approfonditamente descritti nei sottocapitoli precedenti, che si presentano come unità indipendenti seppur fortemente interconnesse. I tre impianti sono stati progettati e realizzati da enti diversi, nell'ambito di un programma di cooperazione internazionale, e sono stati tutti finanziati dall'Unione Europea. L'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico e quello per la Produzione di Biogas sono oggi di proprietà della Municipalità e non sono ancora attivi. I lavori per la costruzione della Discarica Sanitaria, invece, devono ancora iniziare. La Municipalità, che dovrebbe in un futuro avviare l'attività del sistema, attualmente non ha a disposizione personale con tutte le competenze ingegneristiche, tecniche e manutentive necessarie: per questo motivo si pone un problema legato alla scelta della modalità più idonea di gestione dei tre impianti.

Le tre ipotesi di gestione che si configurano per una struttura di proprietà comunale sono:

- proprietà e gestione operativa all'ente pubblico
- proprietà dell'ente pubblico e gestione ai privati
- contratto per l'assegnazione della proprietà e della gestione ai privati.

Nel caso specifico di Baalbek, come già detto, si esclude attualmente la possibilità che sia il Comune ad assumersi la completa responsabilità di gestione dei tre impianti, delegando quest'ultima a società terze. In questo lavoro si vogliono analizzare le ipotesi di gestione che sono risultate fin da subito più probabili considerando tutti i fattori che operano nel contesto.

In particolare si prevede che sulla Municipalità (o Unione delle Municipalità) ricada esclusivamente una funzione di monitoraggio e controllo, mentre la gestione operativa venga consegnata a società terze, tramite gare d'appalto. Parte del controllo su tutto l'impianto spetta anche al Ministero dell'Ambiente. Nel Capitolo 4, dedicato agli aspetti sociali, legali ed istituzionali, si farà riferimento ai confini che delimitano le attività di competenza dei due enti pubblici, oltre che da un punto di vista legislativo, nel caso specifico, anche dal punto di vista pratico.

Di seguito sono descritte più nel dettaglio le ipotesi di gestione che sono state individuate e studiate.

### **1.6.1 IPOTESI 1: UNICA GESTIONE**

I tre impianti del Waste Compound potrebbero essere consegnati ad un'unica società gestore, che si assumerebbe la responsabilità di garantire un servizio completo di smaltimento dei RSU. In tal caso tutte le attività operative che la società dovrebbe gestire possono essere riassunte in 4 funzioni:

- selezione e classificazione dei RSU, con particolare attenzione rivolta alla separazione dei materiali riciclabili e rivendibili;
- separazione del materiale organico e gestione del processo di compostaggio con cui il materiale viene biostabilizzato per poter essere inviato in discarica;
- produzione di energia elettrica mediante il biogas prodotto dall'impianto pilota di digestione anaerobica (l'energia prodotta è destinata ad un autoconsumo interno al Waste Compound);

- gestione e manutenzione della discarica tale da garantire che il funzionamento dell'intero sistema si prolunghi il più a lungo possibile.

È importante sottolineare che si escludono da tutte le considerazioni e valutazioni di natura economica svolte, l'insieme delle attività di raccolta e di trasferimento dei RSU fino al Waste Compound. Queste attività sono attualmente eseguite da altre società che cooperano con il Comune e, dunque, non rientrano tra quelle di cui si considera la gestione.

Nell'adempiere alle funzioni descritte, la società gestore del WC cercherebbe di perseguire alcuni suoi interessi che si tradurrebbero in vantaggi per il progetto:

- Interesse a migliorare l'efficienza della fase di classificazione e selezione dei rifiuti riciclabili col fine di aumentare le quantità che verranno vendute nei relativi mercati e di far crescere i relativi corrispettivi economici. Un vantaggio meno evidente corrisponde anche alla riduzione della quantità disomogenea non selezionata, che viene definita "resto di cernita", e che normalmente andrebbe smaltita in discarica. Ridurre questa quantità consente di prolungare la vita della discarica.
- Interesse nel ridurre le quantità e i volumi di materiale da inviare in discarica, per poterne allungare il periodo di utilizzo. Questo genera uno sforzo di compattazione dei rifiuti da smaltire in discarica, oltre che uno sforzo di riduzione delle quantità.

Il contratto di gestione potrebbe prevedere che la società che acquisisce la responsabilità sul funzionamento della discarica si impegni nel provvedere ad un'eventuale estensione della sua capacità, nel momento in cui essa risulti satura. L'eventuale costruzione di una terza cella della discarica sarebbe, dunque, a carico della società.

- Interesse nel migliorare la selezione del materiale organico col fine, da una parte, di migliorare la qualità del compost che si ottiene (compost con minore contenuto d'impurità) e, dall'altra, di incrementare l'efficienza del processo di digestione anaerobica e quindi la produzione di biogas.

Più biogas si ottiene dal processo, maggiore è la quantità di energia elettrica prodotta e maggiore è anche la frazione del fabbisogno energetico dell'intero sistema a cui si risponde con l'autoproduzione. Di conseguenza minori sono i consumi elettrici.

L'ipotesi 1, unica gestione, prevedrebbe la presenza dei flussi di materia ed energia, e dei flussi economici associati, schematizzati in Figura 1.3 e descritti di seguito.

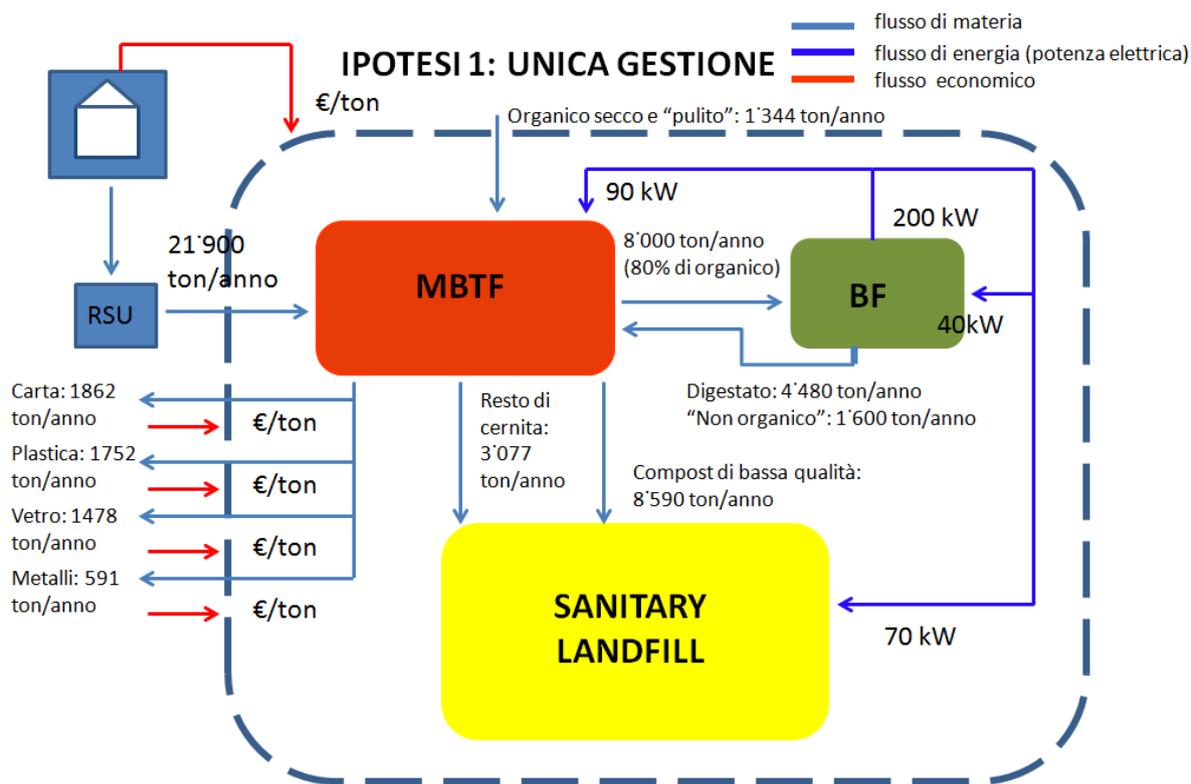


Figura 1. 3: Schema dei flussi materiali, energetici ed economici per l'ipotesi 1

Al flusso in ingresso di RSU, che arrivano al Waste Compound tramite le società che si interessano della raccolta e del trasferimento, corrisponde un certo corrispettivo economico che il gestore riceve da parte del Comune e che viene calcolato sulla base del costo di gestione per tonnellata di rifiuti trattati. Tale contributo dovrà essere costituito da una porzione derivante dalle tasse comunali e da una porzione derivante invece da un'aliquota extra su alcuni servizi. Dall'impianto di Classificazione è possibile considerare in uscita diversi flussi di materiale riciclabile separato (vetro, carta, plastica, metalli) che sono distribuiti e venduti nei relativi mercati. Alla vendita di tali materiali corrisponde un flusso economico in ingresso, che dipende dalle quantità selezionate e dal costo unitario dei diversi materiali riciclabili nel corrispondente mercato libanese. I ricavi derivanti dalla vendita dei materiali riciclabili contribuiscono a generare utile per l'impianto. Si può aggiungere ai flussi commerciabili in uscita anche un flusso di materiale compostato di alta qualità. Attualmente non è prevista la produzione di questa classe di compost ad alto valore aggiunto, ma esso rappresenta un potenziale flusso in uscita nel futuro, destinato ad uno specifico mercato. L'ipotesi di produzione di compost commerciabile diventerà un'ipotesi realistica quando sarà introdotto nella regione un sistema di raccolta e separazione alla fonte dei rifiuti organici. I ricavi derivanti dalla vendita del compost contribuiranno ad accrescere l'utile dell'impianto. Il processo di compostaggio richiede anche una certa quantità di materiale organico "secco" e "pulito" che, miscelato con i rifiuti organici, consente di rendere più efficiente la bio-ossidazione. A questo flusso in ingresso si suppone non sia legato alcun flusso monetario in

uscita. Dall’Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico un flusso di materiale organico non “pulito” (poiché selezionato solo attraverso un vaglio di 80 mm) è inviato all’Impianto per la Produzione di Biogas (BF), mentre, viceversa, il prodotto solido della digestione anaerobica (denominato “digestato”) torna al MBTF per subire il processo finale di compostaggio. Esso rappresenta circa il 70% in massa del materiale in ingresso al BF. Dall’impianto BF si ottiene energia elettrica che è solo parzialmente riutilizzata nello stesso impianto; la restante energia prodotta viene invece distribuita agli altri due impianti del Waste Compound. Infine alla discarica viene inviata una certa quantità annua di materiale di rifiuto, non selezionato né come organico né come riciclabile, il così detto “resto di cernita”. Questa quantità viene smaltita in discarica, dove è inviata insieme al prodotto risultante dal processo di compostaggio (usato per la copertura giornaliera della discarica), ad eventuali altri rifiuti ingombranti o rifiuti selezionati a monte del processo di separazione. Il compostaggio è realizzato sia sulla frazione di digestato proveniente dall’AD, sia sulla restante frazione di materiale organico direttamente inviata all’ossidazione.

La quantizzazione dei flussi di materia ed energia è basata sui dati e sui valori dei parametri e dei rendimenti descritti nei precedenti sottocapitoli. La quantizzazione dei flussi economici sarà invece realizzata in base all’analisi svolta nel Capitolo 2 di questo documento. L’obiettivo è individuare una condizione di equilibrio economico che renda conveniente, per la società che gestisce la struttura, svolgere questa stessa attività, garantendo il raggiungimento di un utile.

### **1.6.2 IPOTESI 2: GESTIONE DIFFERENZIATA**

Su ognuno dei tre impianti si potrebbe realizzare una gara d’appalto, che coinvolga indifferentemente società che operano sul territorio nazionale libanese o internazionale e, in tal caso, ogni impianto sarebbe consegnato in gestione ad una società diversa. Tra queste società nascerebbero rapporti economici derivanti da scambi di materia ed energia.

I vantaggi di questa configurazione sono i seguenti:

- La società che gestisce il MBTF è interessata a migliorare l’efficienza della fase di classificazione e selezione dei rifiuti riciclabili col fine di aumentare le quantità vendute nei rispettivi mercati e far crescere i relativi compensi economici. Inoltre una corretta separazione di tutti i materiali riciclabili, comporta la riduzione di quella quantità in uscita dal processo di separazione, che rimane disomogenea e prende il nome di “resto di cernita”. Tale flusso ha un costo unitario di smaltimento in discarica: di conseguenza, per la società che gestisce l’impianto MBTF, ridurre tale quantità significherebbe ridurre il costo di tale servizio.
- La società che gestisce il MBTF ha interesse nel migliorare la selezione del materiale organico col fine, da una parte, di migliorare la qualità del compost che si ottiene (compost con minore contenuto d’impurità) e, dall’altra, di trasferire materiale più “pulito” all’impianto di Produzione del Biogas. L’invio di materiale organico più puro al processo AD migliora l’efficienza di tale processo e potrebbe comportare un beneficio economico anche al MBTF in termini di riduzione dei costi dell’energia acquistata. L’impianto BF, infatti, produce energia elettrica mediante biogas e ne

rivende circa 80-90% agli altri due impianti del Waste Compound. Il contratto di fornitura dell'energia, tra l'impianto BF e il MBTF, potrebbe attribuire un costo a tale energia in funzione del livello di "qualità", o purezza, dei rifiuti organici scambiati tra i due impianti.

Un'ipotesi di tale condizione del contratto è rappresentata in Tabella 1.19.

Classe	Prezzo medio unitario dell'energia (€/kWh)	Produzione media di biogas (m <sup>3</sup> /ton)	Differenziale sul prezzo unitario (%)	Prezzo unitario energia differito per classe (€/kWh)
A	0,075	>150	-15%	0,063
B	0,075	100-150	0	0,075
C	0,075	<100	+15%	0,086

Tabella 1. 19: Ipotesi sulle fasce di prezzo dell'energia elettrica acquistata dal MBTF in funzione del livello di qualità dei rifiuti trasferiti al BF (il valore relativo al prezzo medio dell'energia prodotta è calcolato sulla base delle considerazioni fatte nel Capitolo 2, Ricavi derivanti dalla produzione e vendita dell'energia elettrica)

- La società che gestisce l'impianto di Digestione Anaerobica è interessata a migliorare l'efficienza di processo col fine di incrementare l'energia elettrica prodotta e gli utili che ne derivano dalla vendita.
- La società che gestisce la discarica trae beneficio dal ridurre i volumi di materiali da inviare in discarica, per poterne allungare il periodo di utilizzo. Questo genera uno sforzo di compattazione dei rifiuti da smaltire in discarica, oltre che uno sforzo di riduzione delle quantità.

Anche in questo caso il contratto di gestione potrebbe prevedere che la società che acquisisce la responsabilità sul funzionamento della discarica si impegni nel provvedere ad un'eventuale estensione della sua capacità, nel momento in cui essa risulti satura. L'eventuale costruzione di una terza cella sarebbe, dunque, a carico della società.

L'ipotesi 2, gestione differenziata, prevedrebbe la presenza dei flussi di materia ed energia, e dei flussi economici associati, schematizzati in Figura 1.4 e descritti di seguito.

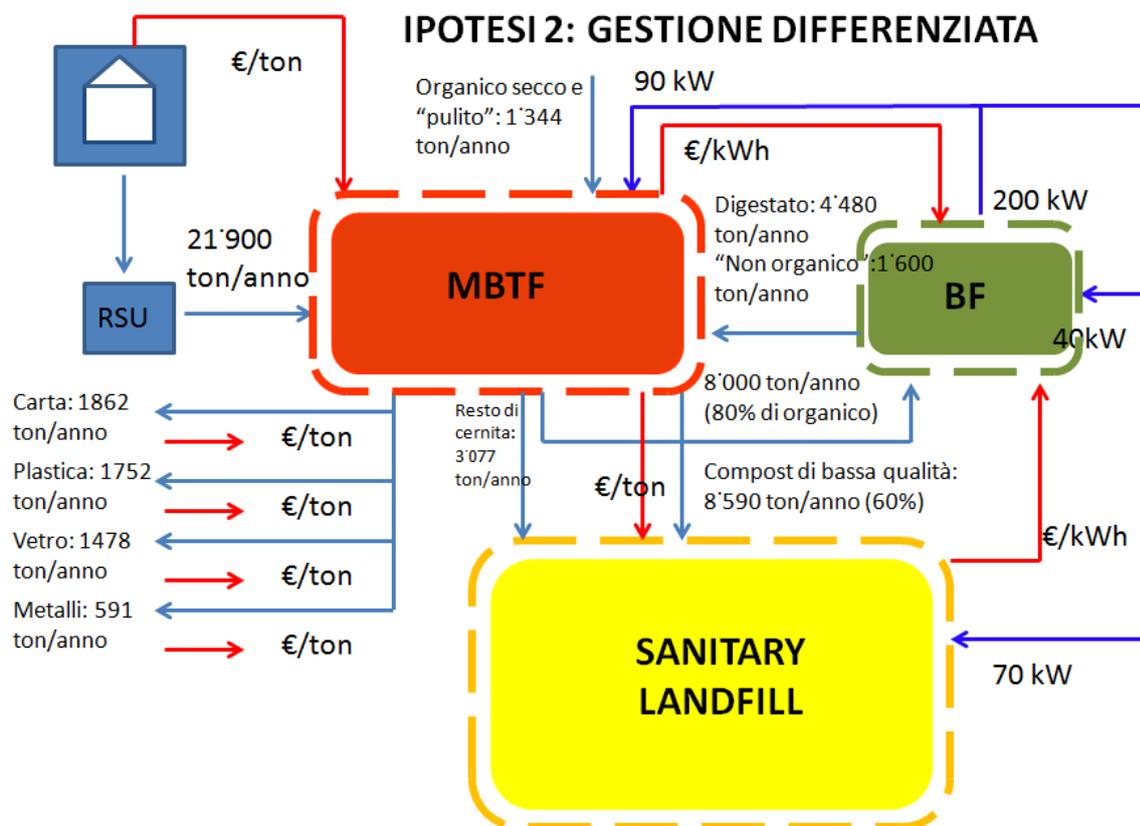


Figura 1. 4: Schema dei flussi materiali, energetici ed economici per l'ipotesi 2

Al flusso in ingresso di RSU, che arrivano al Waste Compound tramite le società che si interessano dell'insieme di attività di raccolta e di trasferimento, corrisponde un certo corrispettivo economico da parte del Comune, calcolato, come sopra, in base ai costi di gestione per tonnellata di rifiuti trattati. In tal caso, però, il costo unitario per una tonnellata di RSU trattata nel WC sarà diverso poiché differiscono i costi di gestione. Dall'impianto di selezione è possibile considerare in uscita diversi flussi di materiali riciclabili separati (vetro, carta, plastica, metalli) che verranno distribuiti e venduti nei relativi mercati. Alla vendita di tali materiali corrisponde un flusso economico in ingresso, che dipenderà dalle quantità selezionate e dal costo unitario dei diversi materiali riciclabili nel corrispondente mercato libanese. I ricavi derivanti dalla vendita dei materiali riciclabili contribuiscono a generare utili per l'impianto di Trattamento Meccanico Biologico. Si può aggiungere ai flussi commerciabili in uscita anche un flusso di materiale compostato di alta qualità. Attualmente non è prevista la produzione di questa classe di compost ad alto valore aggiunto, ma esso rappresenta un potenziale flusso in uscita nel futuro, destinato ad uno specifico mercato. I ricavi derivanti dall'eventuale vendita del compost contribuiranno ad accrescere l'utile dell'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico.

Il processo di compostaggio richiede anche una certa quantità di materiale organico "secco" e "pulito", che miscelato con i rifiuti organici consente di rendere più efficiente la bio-ossidazione. Anche in questo caso, a tale flusso in ingresso si suppone di non collegare alcun

flusso monetario in uscita. Dall'impianto di Classificazione si diramano più flussi: una frazione di materiale organico "non pulito" diretto all'impianto BF; la restante frazione di materiale organico rivolta direttamente al compostaggio; una quantità di materiale inerte, non selezionato né come materiale riciclabile né come organico, definito "resto di cernita" e indirizzato in discarica per essere smaltito. A questo flusso di materiale inviato dal MBTF alla discarica, corrisponde un flusso monetario, rappresentativo della remunerazione per il servizio di smaltimento, che dipende ovviamente dalla quantità trasferita. Un altro flusso che coinvolge questi due impianti corrisponde al prodotto di bassa qualità del processo di compostaggio, inviato in discarica per realizzare la copertura giornaliera. Per quanto riguarda il prodotto solido della digestione anaerobica (il così detto "digestato"), che rappresenta circa il 70% in massa del materiale in ingresso, esso ritorna al MBTF per subire il processo finale di compostaggio. Dall'impianto BF si ottiene energia elettrica, solo parzialmente riutilizzata nello stesso, la cui restante porzione viene invece distribuita agli altri due impianti del Waste Compound. A tali flussi energetici corrispondo dei flussi economici inversi, calcolati sulla base dei relativi termini di riferimento dei contratti di fornitura stipulati tra la società.

Anche in questo caso, la quantizzazione dei flussi di materia ed energia è basata sui dati e sui valori dei parametri e dei rendimenti descritti nei sottocapitoli precedenti. La quantizzazione dei flussi economici sarà, invece, realizzata in base all'analisi svolta nel Capitolo 2 di questo documento. L'obiettivo è, in tal caso, individuare una condizione di equilibrio per tutte e tre le società coinvolte, che renda le relazioni economiche descritte convenienti da ambo le parti.

### ***1.6.3 IPOTESI 3: GESTIONE SEMI-DIFFERENZIATA***

Un'ultima ipotesi valutata corrisponde, invece, alla possibilità che l'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico e quello di Produzione del Biogas siano amministrati da un'unica società, mentre la Discarica venga assegnata in gestione ad un'altra ditta. Questa ipotesi, che si presenta come una situazione intermedia rispetto alle prime due, tiene conto, in particolar modo della stretta interdipendenza che esiste tra i due impianti MBTF e BF. I due impianti, infatti, oltre ad essere posizionati davvero molto vicini, sono anche fortemente interconnessi nelle loro attività operative: l'impianto BF, infatti, per garantire il suo funzionamento necessita di un flusso costante di rifiuti organici, quanto più "pulito" possibile, proveniente dal MBTF; mentre il fabbisogno energetico dell'Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico può essere completamente soddisfatto dalla produzione di elettricità del sistema AD. La gestione unificata dei due impianti genererebbe un sistema autonomo dal punto di vista energetico.

In Figura 1.5 si mostrano i flussi di materia, economici ed energetici che tale soluzione gestionale prevedrebbe.

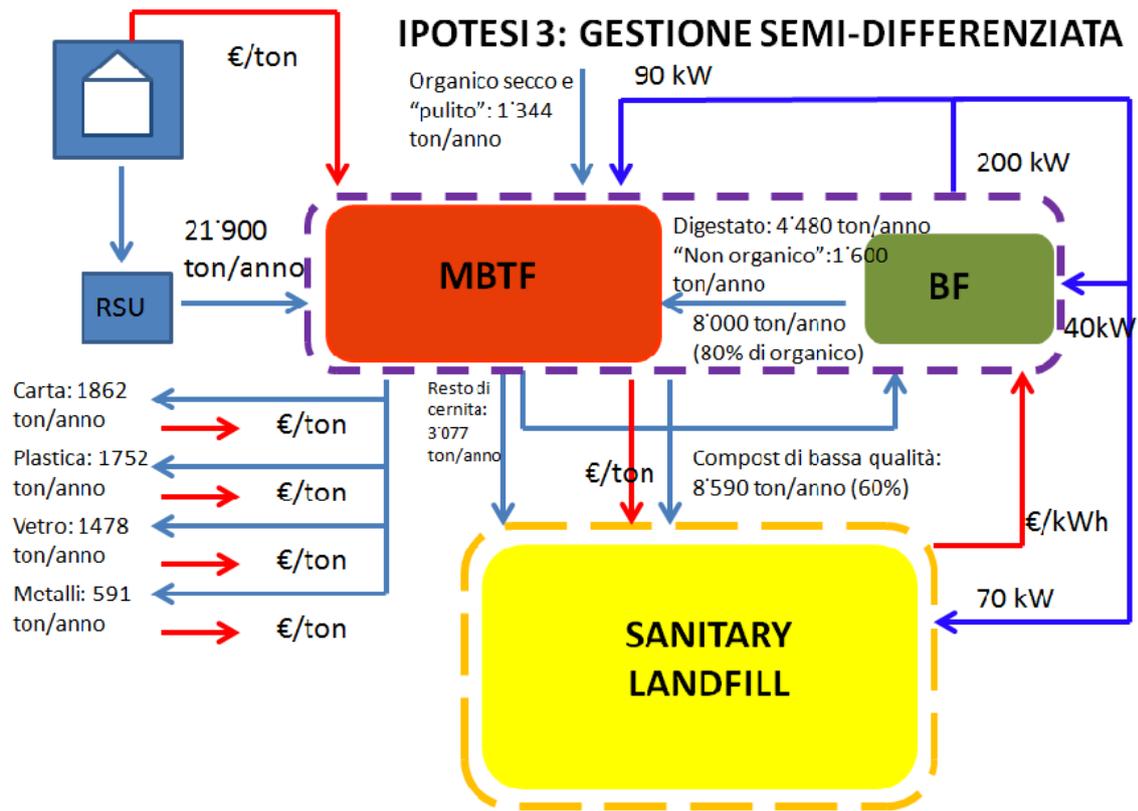


Figura 1. 5: Schema dei flussi materiali, energetici ed economici per l'ipotesi 3

## 2 VALUTAZIONI ECONOMICHE E FINANZIARIE SUGLI IMPIANTI DEL WASTE COMPOUND

Nel mercato globale di oggi non esistono prodotti o servizi che possano considerarsi “immuni” a una valutazione sui costi, strettamente legata, a sua volta, ad una valutazione sulle prestazioni e sul livello di qualità, ad un’attività di pianificazione e all’assunzione di rischi e compromessi. Troppo spesso concentrandosi sulle prestazioni tecniche si trascura l’aspetto economico e l’analisi dei costi totali del ciclo di vita di un sistema. La programmazione e il monitoraggio dei tempi e dei costi sono, ormai, aspetti che guidano le scelte decisionali non solo di realizzazione, ma anche di gestione di qualunque impianto. Anche nel caso della gestione dei RSU di Baalbek, la scelta sulla modalità più “appropriata” non può prescindere da un’analisi dei costi e sulla convenienza economica.

Al di là degli aspetti tecnici, riassunti nel Capitolo 1, vanno svolte considerazioni sull’economia e sugli aspetti di business del sistema, che sono esposte nel seguente capitolo.

Le valutazioni economiche su un qualunque impianto dipendono da un certo numero di variabili. I costi da considerare sono tradizionalmente:

- i costi d’investimento
- i costi operativi e di manutenzione
- i ricavi

I costi d’investimento di un impianto dipendono, innanzitutto, dal sistema o tecnologia utilizzata. Nel caso di un impianto per il compostaggio, ad esempio, l’elenco delle tecnologie ordinate in funzione dei costi d’investimento crescenti è il seguente:

- cumuli areati passivamente
- andane
- mucchi statici aerati
- compostaggio in vaso

Anche all'interno stesso di queste categorie ci sarà una certa variabilità dei costi. La dimensione delle operazioni determinerà i tipi di attrezzature e il loro numero. La scelta del sito influenza, invece, i costi del terreno e delle strutture, i costi per i sistemi di controllo degli odori, i costi per l’accesso alle strade ecc. Le spese accessorie riguardano lo smaltimento del percolato, gli impianti di raccolta dei reflui, lo smaltimento dei rifiuti da costruzione. Queste spese possono includere anche i costi relativi al loro trasporto, che dipenderanno dalle distanze percorse.

## 2.1 I costi evitati

Le considerazioni economiche da fare si differenziano anche in funzione che sia un ente pubblico o una società privata a costruire e gestire l'impianto.

Come già espresso nel Capitolo 1, le tre ipotesi di gestione che si configurano per una struttura di proprietà di un ente pubblico sono:

- proprietà e gestione operativa all'ente pubblico;
- proprietà dell'ente pubblico e gestione ai privati;
- contratto per l'assegnazione della proprietà e della gestione ai privati.

I costi evitati sono un elemento da tenere fortemente in considerazione nel momento in cui ci si trova a dover affrontare questa scelta. I costi evitati sono i costi che un ente pubblico dovrebbe sostenere, nell'immediato o potenzialmente nel futuro, e che, invece, vengono trasferiti ai privati nel momento in cui ad essi viene delegata la gestione. Essi possono includere: smaltimento o tassa di riciclaggio, costi di trasporto, costi di manutenzione sulle attrezzature, costi di gestione e spese associate per le utenze. Un altro aspetto dei costi evitati è legato al valore dei prodotti, risultato dei processi (come compost o energia elettrica), che, nel caso l'ente pubblico mantenga la gestione, non dovranno essere acquistati per garantire la fornitura di altri servizi. La seguente lista illustra alcuni dei possibili costi evitati (Epstein, 2011); essi non sono necessariamente tutti costi evitati in ogni situazione:

- Costi di smaltimento:
    - dei RSU
      - Trasporto verso altri siti o impianti
      - Manodopera
      - Concessioni e costi di smaltimento
      - Costi operativi e di manutenzione
        - Utilities
        - Monitoraggio
        - Strade e manutenzione del sito
        - Trasporto interno al sito
        - Manutenzione e ammortamento dei veicoli e delle attrezzature
    - di Fanghi o Rifiuti Organici
- Costi diversi in funzione del trattamento:
- Deposito e smaltimento a suolo
    - Trasporti
    - Attrezzature
    - Manutenzione delle attrezzature
    - Manodopera
    - Permessi e attività di monitoraggio

- Lavaggio camion
- Processo di Digestione Aerobica
  - Costi di struttura
  - Costi operativi
  - Gestione dei reflui e dei materiali di scarto
  - Recupero e risparmio energetico
- Incenerimento
  - Costi di struttura
  - Costi di sostituzione attrezzature e manutenzione
  - Monitoraggio
  - Manodopera
  - Carburante
  - Smaltimento delle polveri leggere
  - Costi di manutenzione dell'edificio
  - Utilities
- Smaltimento in discarica
- dei Rifiuti da Cantiere
  - Manodopera
  - Manutenzione e ammortamento delle attrezzature
  - Costi di trasporto verso altri impianti
- Impiego/vendita di alcuni prodotti dell'impianto (ad esempio, impiego del compost in opere pubbliche, parchi, cimiteri e recuperi paesaggistici, recupero e riutilizzo del percolato, produzione e distribuzione energia elettrica)
  - Concimi
  - Miglioramenti del suolo
  - Risparmi nel consumo d'acqua
  - Riduzione dei costi per la fornitura di energia elettrica derivante dall'autoproduzione
  - Ricavi delle vendite

## 2.2 I passi necessari per arrivare a definire i costi d'impianto

Per arrivare alla stima del costo di un impianto, in generale, e dei diversi componenti del Waste Compound in particolare, è necessario realizzare i seguenti passi:

- Identificazione delle tecnologie
- Eseguire una progettazione di base, che contenga le seguenti informazioni:
  - Bilanciamento della quantità giornaliera di materiale da trattare (descritte nel Capitolo 1 e riassunte in Figura 1.3, 1.4 e 1.5)
  - Schema di processo proposto e sequenza di fasi (APPENDICE 1: Schema generale del Waste Compound (WC))
  - Dimensionamento di ciascuna delle aree dedicate alle diverse fasi del processo in base alle quantità da trattare

- Determinazione del tipo di attrezzature per la movimentazione del materiale
- Realizzare una planimetria preliminare indicando:
  - Posizione e layout di strade, uffici e differenti stazioni di processo (APPENDICE 2: Mappa che ripropone l'ipotesi di disposizione e di assegnazione delle aree a tutti i componenti del Waste Compound (secondo il MASTER PLAN OF BAALBEK MUNICIPALITY SOLID WASTE TREATMENT AND DISPOSAL FACILITY AREA-Rev 02, 2011))
  - Progettazione dell'impianto elettrico per l'alimentazione delle diverse stazioni
  - Posizione e layout delle strutture e definizione delle dimensioni da assegnare alle diverse strutture
  - Posizione e layout dell'area di maturazione e della zona di stoccaggio (APPENDICE 3: Rappresentazione CAD del MBTF)
  - Posizione vaglio (APPENDICE 3: Rappresentazione CAD del MBTF)
  - Posizione e dimensione del biofiltro (APPENDICE 3: Rappresentazione CAD del MBTF)
  - Posizione dei sistemi di controllo delle acque
  - Posizione e layout dei reattori per la digestione anaerobica (APPENDICE 4: Biogas Facility)
  - Posizione e layout delle celle dalla discarica
- Definire le caratteristiche qualitative e quantitative delle materie prime che arrivano all'impianto (Tabelle 1.4 e 1.5), che influenzano la progettazione di:
  - Attrezzature e strutture per la recezione e lo stoccaggio
  - Tramogge
  - Attrezzature per la movimentazione del materiale
- Definire i dettagli del sistema di miscelazione
- Definire i dettagli del compostaggio
- Definire i dettagli della maturazione
- Definire i dettagli della vagliatura
- Definire i dettagli dello stoccaggio materiale
- Definire i dettagli della digestione anaerobica
- Definire i dettagli dello smaltimento in discarica
- Realizzare una stima dei seguenti costi operativi e di manutenzione:
  - Spese per il personale
  - Costi delle attrezzature per le operazioni di trasporto dei materiali
  - Carburante
  - Costi elettrici
  - Manutenzione e sostituzione delle attrezzature
  - Smaltimento delle acque reflue
  - Analisi di laboratorio
  - Costi per le autorizzazioni e le spese legali associate
  - Sicurezza
  - Amministrazione

- Manutenzione del biofiltro
- Manutenzione del sito, compresa l'illuminazione
- Monitoraggio e controllo
- Relazioni con il pubblico e spese legali
- Realizzare una stima dei ricavi derivanti dalla vendita dei prodotti/servizi

### **2.3 Costi preliminari e di Valutazione degli Impatti Ambientali**

Sia nel caso in cui il sito sia di proprietà sia nel caso in cui venga acquistato, i primi costi da affrontare per la realizzazione di un qualunque impianto (o complesso di più impianti) sono costi di autorizzazione e spese legali associate. Ciò può richiedere una valutazione ambientale e anche una relazione d'impatto ambientale (VIA), che generalmente risultano essere attività molto costose. L'ente o gli enti certificatori possono richiedere una progettazione preliminare e una valutazione degli impatti ambientali del progetto, che considerino ogni forma di disagio o inquinamento, compresi potenziali odori, rumore e traffico. Nella maggior parte dei casi, l'elaborazione di una valutazione d'impatto ambientale comporta la necessità di rivolgersi ad una società di consulenza. È inoltre, spesso, necessario coinvolgere il pubblico e ciò può richiedere di organizzare incontri con la comunità, produzione e distribuzione di newsletter e presentazioni a gruppi locali o organizzazioni.

Nel caso del Waste Compound di Baalbek, la società a cui la Municipalità di Baalbek ha assegnato la realizzazione del VIA è una società libanese Geoflint s.r.l., che ha realizzato lo studio nel 2010 e pubblicato il documento nel Febbraio del 2011. Secondo quanto previsto dalle norme libanesi (Legge No.216 del 1993, art.2), il VIA è stato consegnato al Ministero dell'Ambiente ed è stato approvato, dando l'avvio alla realizzazione del progetto. Lo studio è stato poi aggiornato nel Dicembre del 2011 dalla società bolognese Studio Azue, tenendo conto dell'introduzione nel progetto dell'Impianto pilota per la Produzione di Biogas. Il costo complessivo del VIA di tutto il progetto è stato di circa 45'000 €.

### **2.4 Costi d'investimento dell'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico dei RSU e dell'impianto per la Produzione di Biogas**

I costi d'investimento di un impianto per il trattamento dei RSU indifferenziati con recupero energetico (Trattamento Meccanico-Biologico più Impianto per la Produzione di Biogas) variano notevolmente in funzione della composizione dei rifiuti da trattare (biomassa, rifiuti da spazzatura stradale, rifiuti alimentari, rifiuti industriali), della loro quantità ed in funzione della collocazione e dei requisiti del sito selezionato. Una volta che un sito è stato individuato e i permessi sono stati ottenuti, i costi d'investimento associati alla costruzione dell'impianto sono:

- Costi di adattamento del sito
  - Strade
  - Progettazione preliminare
  - Lavori in sito

- Scavi per fondamenta edilizie
- Realizzazione di un sistema di raccolta del percolato, dei deflussi e dell'acqua piovana
- Realizzazione delle recinzioni e sistemi di sicurezza
- Pavimentazione
- Stazione di pesatura
- Uffici
- Costi di sviluppo delle diverse stazioni di processo
  - Area di raccolta e stoccaggio dei RSU in ingresso
  - Area di compostaggio (in funzione dalla tecnologia scelta)
  - Sistema di controllo degli odori
  - Sistema elettrico
  - Sistema di controllo dell'alimentazione
  - Area di maturazione
  - Area di vagliatura e rifinitura
  - Area di stoccaggio prodotti
  - Reattori per la digestione anaerobica
  - Area di pre-miscelazione
- Costi per le attrezzature di movimentazione
  - Pala gommata
  - Veicoli (camion)
  - Rivolta cumuli

Le celle della discarica richiedono una valutazione specifica dei costi di realizzazione, che includa i costi per i lavori di scavo e preparazione del sito, oltre che tutti i costi per i diversi sistemi d'isolamento e protezione. Tali costi sono analizzati successivamente.

La Tabella 2.1 mostra i costi d'investimento stimati per l'impianto MBTF di Baalbek. L'impianto, progettato nel 2011, è dimensionato per gestire 21'900 tonnellate di rifiuti annui. I dati riportati nella seguente tabella sono stati, in parte, forniti dai rappresentanti dell'OMSAR e di Cooperazione Italiana che seguono il progetto e, in parte, ricavati da ricerche di letteratura su impianti simili di dimensioni confrontabili.

<b>IMPIANTO TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Unità</b>	<b>Costo d'investimento</b>
Edifici e Fondamenta (compresi uffici e area pavimentata esterna dedicata al processo di maturazione)			971'000 €
Sistema di aerazione (Ventilatore TAS480T246, portata: 23500)	925 €	2 <sup>2</sup>	1850 €

<sup>2</sup> Il numero di ventilatori richiesti nel MBTF è stato stimato rispettando gli standard di sicurezza e salute che impongono un numero minimo di cambi di tre volumi d'aria all'ora. L'impianto ha un volume complessivo di circa 13'920 m<sup>3</sup>, ciò significa garantire un flusso d'aria di circa 41'760 m<sup>3</sup>/h. Considerando le prestazioni del modello di ventilatore selezionato, sono necessari due ventilatori.

m <sup>3</sup> /h, consumo: 1,5 kW, peso: 71,44 kg)			
Controllo odori (biofiltro)			20'000 €
Sistema elettrico			16'700 €
Sistema di controllo compostaggio			18'000 €
Sistema di controllo biofiltro			34'000 €
Subtotale	1'061'550 €		
Mobilitazione del sito		2%	21'230 €
Spese eventuali		15%	159'230 €
Spese generali per l'appalto		20%	212'310 €
Ingegnerizzazione		10%	106'155 €
Subtotale	498'925 €		
Pala gommata [CATERPILLAR 950F]	150'000 €	1	150'000 €
Vaglio rotativo per la separazione dell'umido [Bouchalhoub, maglia di 80mm, 150 m <sup>3</sup> /h]	50'000 €	1	50'000 €
Vaglio rotativo per la raffinazione del compost	-	1	-
Rivolta cumuli [Kompetech topturn X53]	270'000 €	1	270'000 €
Aprisacchi [Matthiessen, 6 ton/h]	170'000 €	1	170'000 €
Pesaponte	20'000 €	1	20'000 €
Subtotale	660'000 €		
<b>TOTALE INVESTIMENTI:</b>	<b>2'220'475 €</b>		

Tabella 2. 1: Stima dei costi d'investimento dell'impianto MBTF di Baalbek

La tabella 2.2 mostra i costi d'investimento dell'impianto per la Produzione di Biogas di Baalbek. I dati riportati nella seguente tabella sono dati primari, ottenuti analizzando i Bill of Quantities delle biocelle, i disegni di progetto di tutti gli impianti di processo e di servizio che operano nel sistema, le richieste di fornitura e le schede tecniche allegate ad esse di tutte le attrezzature acquistate. Tali documenti sono stati forniti dalla società bolognese Studio Azue, che ha lavorato alla progettazione dell'impianto nell'ambito del progetto COSV ONG: "Towards clean energies and innovative environment solutions in Lebanon".

<b>IMPIANTO PRODUZIONE DEL BIOGAS</b>			
<b>Opere Civili</b>			
	Unità	Costo unitario	Costo d'investimento
<b>BIOCELLE</b>			
Lavori di preparazione del sito (assicurazioni, segnaletica, disegni costruttivi ...)			3'200 €
Scavi per costruire le fondamenta e il			1'360 €

bacino di raccolta percolato			
Fondamenta			61'023 €
Elementi verticali			77'424 €
Elementi orizzontali			64'124 €
Rifiniture			8'056 €
<b>VASCA DI RACCOLTA PERCOLATO</b>			
Lavori di scavo			1'424 €
Pareti e sistemi di isolamento			20'015 €
<b>AREA DI PRETRATTAMENTO</b>			
Lavori di scavo			896 €
Fondamenta			20'015 €
Elementi verticali			15'110 €
Elementi orizzontali			56'475 €
Rifiniture			7'380 €
Subtotale Opere Civili:		336'502 €	
<b>Servizi</b>			
Rete idrica			5'100 €
Rete elettrica			11'211€
Sistema di Controllo Antincendio			7'500 €
Subtotale Servizi:		23'811 €	
<b>Impianti</b>			
Impianto di riscaldamento a pavimento delle biocelle			-
Impianto sprinkler			-
Impianto di canalizzazione dell'aria esausta dalla zona di pretrattamento verso il biofiltro			-
Sistema di raccolta del percolato			-
Sistema di raccolta del biogas			-
Serbatoio biogas (di 30 m <sup>3</sup> )			-
Sistema di controllo (PLC)			-
Subtotale Impianti:		204'700 €	
<b>Macchine e Attrezzature</b>			
Pala gommata [CATERPILLAR 950F]	1	150'000 €	150'000 €
Torca EMR50-150/DN 80 (capacità: 150 m <sup>3</sup> /h, altezza: 3,6m)	1	85.000 €	85'000 €
Co-generatori (da 100 kW, 85 m <sup>3</sup> /h)	2	100'000€	200'000€
Subtotale Macchine e Attrezzature:		435'000 €	
<b>TOTALE INVESTIMENTI:</b>		<b>1'000'000 €</b>	

Tabella 2. 2: Costi d'investimento dell'Impianto per la Produzione di Biogas di Baalbek

## 2.5 Costi operativi e di manutenzione dell'impianto per il Trattamento Meccanico Biologico e dell'impianto per la Produzione di Biogas

### *Costo del lavoro*

Il fabbisogno di manodopera in un impianto, o di un complesso di più impianti, dipende ovviamente dalle sue dimensioni, dalla tecnologia utilizzata e dal livello di automazione. Non tutte le categorie di personale risultano necessarie in ogni circostanza ma, in generale, le principali categorie di lavoratori richieste sono:

- Manager
- Supervisor
- Operatori di processo
- Meccanici
- Impiegati
- Assistenti di laboratorio o di analisi
- Esperti del mercato dei prodotti/servizi offerti

La Tabella 2.3 mostra i costi stimati per il personale che dovrebbe lavorare nei tre impianti del Waste Compound nell'ipotesi di una GESTIONE DIFFERENZIATA.

Personale	Costo mensile	Numero di impiegati	Costo annuo	Subtotale
<b>IMPIANTO TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO (2 turni/g da 8h)</b>				
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1	12'000 €/anno	175'200 €/anno
Operatori di processo (stazioni di selezione)	400 €/mese	12 per turno	115'200 €/anno	
Operatore pesaponte	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Operatore rivolta	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Operatore carico/scarico camion	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Meccanici	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Manutentori	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
<b>IMPIANTO PRODUZIONE DEL BIOGAS (2 turni/g da 8h)<sup>3</sup></b>				
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1	12'000 €/anno	31'200 €/anno
Operatori di processo	400 €/mese	2 per turno	19'200 €/anno	
Meccanici		Intervento su chiamata	/	
Manutentori		Intervento su chiamata	/	
<b>DISCARICA (2 turni/g da 8h)</b>				
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1 per turno	12'000 €/anno	60'000

<sup>3</sup> L'impianto per la Produzione di Biogas, secondo l'ipotesi fatta in questo lavoro, si prevede sia operativo per 8000 h/anno. Non essendo un impianto che richiede una supervisione continua, si può supporre che il personale impiegato nell'impianto lavori per due turni al giorno, 8 ore a turno, per un totale di 5840 h/anno.

Operatori di processo	400 €/mese	2 per turno	19'200 €/anno	€/anno
Autista camion, interno al WC	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Meccanici	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
Manutentori	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno	
<b>Direzione (1 turno/g di 8h)</b>				
Impiegati d'ufficio	400 €/mese	1	4'800 €/anno	4'800 €/anno
Assistenti di laboratorio	/	Esternalizzazione del servizio <sup>4</sup>	/	
Esperti di marketing	/	/	/	/
<b>Totale</b>	<b>271'200 €/anno</b>			

Tabella 2. 3: Stima dei costi relativi al personale, GESTIONE DIFFERENZIATA

Nel caso in cui la gestione dell'impianto per la Produzione di Biogas fosse unita alla gestione del MBTF (gestione SEMI-DIFFERENZIATA), si otterrebbero enormi vantaggi in termini di costi del personale: poiché un'adeguata schedulazione del lavoro consentirebbe di far svolgere tutte le attività per la gestione dell'impianto di Produzione del Biogas, al personale già impiegato nel MBTF (Studio Azue, 2014).

In Tabella 2.4 è riportata una stima del costo annuo del lavoro nel WC nell'ipotesi di GESTIONE UNICA.

Personale	Costo mensile	Numero di impiegati	Costo annuo
<b>WASTE COMPOUND (2 turni/g da 8h)</b>			
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1	12'000 €/anno
Operatori di processo (stazioni di selezione)	400 €/mese	14 per turno	134'400 €/anno
Operatore pesaponte	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Operatore rivolta cumuli	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Operatore carico/scarico camion	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Meccanici	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Manutentori	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Autista camion, interno al WC	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Impiegati d'ufficio	400 €/mese	1	4'800 €/anno
Assistenti di laboratorio	/	Esternalizzazione del servizio	/
Esperti di marketing	/	/	/
<b>Totale</b>	<b>208'800 €/anno</b>		

Tabella 2. 4: Stima dei costi relativi al personale, GESTIONE UNICA

<sup>4</sup> È possibile ipotizzare che le analisi vengano svolte con una media di due volte all'anno ad un costo di 300 €/analisi, inclusi tra i costi operativi d'esercizio (Studio Azue, 2014).

### *Altre spese operative e di manutenzione*

Oltre ai costi del lavoro, altre spese operative e di manutenzione sono:

- Interventi di manutenzione sulla struttura
- Manutenzione delle attrezzature e acquisto dei pezzi di ricambio
- Piccoli interventi di manutenzione su ventilatori, condotti, valvole, ecc.
- Costi per consulenze
- Permessi e tasse
- Formazione del personale
- Carburante
- Elettricità e costi di manutenzione del generatore
- Acqua
- Materiali ausiliari e strumenti
- Servizi legali
- Servizi di laboratorio, comprese le attività di campionamento e monitoraggio
- Manutenzione del sito (es. riparazioni stradali, illuminazione, manutenzione dei sistemi di raccolta e drenaggio acque piovane, ecc.)
- Manutenzione dei veicoli (compreso il lavaggio)
- Riparazioni delle apparecchiature di controllo, sostituzione e manutenzione
- Smaltimento dei rifiuti, compreso il percolato e acque reflue
- Sostituzione del mezzo del biofiltro

### *Costo dei consumi elettrici*

Tra i costi operativi di notevole rilevanza per gli impianti di gestione dei rifiuti ci sono i costi per i consumi elettrici. Questi costi dipendono dalla presenza di strumenti e attrezzature quali tramogge, nastri trasportatori, ventilatori e sistemi di aerazione, illuminazione ecc. Per ognuno di questi elementi è necessario determinare il consumo medio (in kWh), le ore di lavoro medie al giorno e il numero medio di giorni di lavoro annui, per ottenere così il consumo di elettricità medio annuo. Per definire il consumo medio delle diverse attrezzature utilizzate (in kWh) è possibile consultare le schede tecniche di quest'ultime, facendo riferimento in tal modo, con precisione, al modello e alla marca selezionati durante il processo di fornitura. Durante l'analisi le schede tecniche dei macchinari e attrezzature sono state, in parte, fornite da chi ha lavorato alla progettazione dell'impianto ed, in parte, reperite sul posto dai rappresentanti della società Studio Azue.

Altri costi d'esercizio sempre presenti sono:

- Ammortamenti impianti e attrezzature
- Spese amministrative
- Pulizie
- Imposte

Una stima dei costi operativi e di manutenzione dell'impianto MBTF di Baalbek, progettato per gestire 21'900 tonnellate annue di RSU, è illustrata in Tabella 2.5. I dati riportati nella seguente tabella sono stati, in parte, forniti dai rappresentanti dell'OMSAR e di Cooperazione

Italiana che seguono il progetto e, in parte, ricavati da ricerche di letteratura su impianti simili di dimensioni confrontabili.

<b>IMPIANTO TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO</b>			
<b>Costi operativi e di manutenzione</b>			
<b>Costi relativi al personale</b>			
	Costo orario	Numero	Costo annuo
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1	12'000 €/anno
Operatori di processo (stazioni di selezione)	400 €/mese	12 per turno	115'200 €/anno
Operatore pesaponte	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Operatore rivolta cumuli	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Operatore carico/scarico camion	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Meccanici	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
Manutentori	400 €/mese	1 per turno	9'600 €/anno
<b>Subtotale costi</b>	175'200 €/anno		
<b>Costi di gestione del materiale</b>			
	Tonnellate/anno trasportate	Costo unitario a tonnellata	Costo annuo
Trasporto materie prime (materiale organico secco e "pulito")	1'344 ton/anno	13 €/ton <sup>5</sup>	17'472 €
Trasporto dei residui (resto di cernita) verso la Discarica	3'077 ton/anno	-	-
Trasporto del compost verso la Discarica	8'590 ton/anno	-	-
Trasporto del percolato agli impianti di trattamento	-	-	36'700 €
<b>Subtotale costi</b>	54'172 €		
<b>Costi di gestione aziendale</b>			
Costi legali, di regolamentazione e consulenza	7'300 €		
Amministrazione	3'600 €		
Pubbliche relazioni	2'000 €		
Formazione e Sicurezza	2'000 €		

<sup>5</sup> Rappresenta il costo della raccolta dei RSU nell'area di Zahel-Baalbek-Hermel (Jadam, 2010). Viene usato questo dato per ottenere una stima del costo di raccolta e trasferimento del materiale organico "pulito" da miscelare con la frazione di rifiuti organici provenienti dall'indifferenziato, ed utilizzati per attivare la fermentazione.

Marketing	/			
<b>Subtotale costi</b>	14'900 €			
<b>Costi di processo</b>				
	<b>unità</b>	<b>costo</b>	<b>unità</b>	<b>Subtotale</b>
Carburante				
-Pala gommata	25 litri/h	0,91€/litro	2'000 h/anno	45'500 €/anno
-Rivolta cumuli	65 litri/h	0,91€/litro	438 h/anno <sup>6</sup>	25'900 €/anno
Elettricità	90 kWh	0,03 €/kWh (EDL)	5'400 h/anno	14'580 €/anno
Acqua	2'000 €/anno			
Manutenzione sui sistemi di controllo (3% dell'investimento)	1'560 €/anno			
Manutenzione sulle attrezzature e macchinari (5% dell'investimento)	33'000 €/anno			
Manutenzione sulle strutture, sistema elettrico e biofiltro (1% dell'investimento)	10'100 €/anno			
Materiali di consumo (es.utensili)	200 €/anno			
Analisi di laboratorio	300 €/analisi	2 analisi/anno	600 €/anno	
<b>Subtotale costi</b>	133'440 €/anno			
Tasse operative e di gestione dell'impianto (20%)	75'500 €/anno			

<sup>6</sup> Le ore di lavoro della rivolta cumuli sono state calcolate considerando la capacità del macchinario (da scheda tecnica pari a 3500 m<sup>3</sup>/h) e una stima delle quantità di materiale che ogni giorno è in fase di fermentazione e maturazione. In particolare, ogni giorno entrano nel processo circa 26,4 ton di materiale organico, che attraverso la pala gommata vengono disposte in andane. La tabella seguente (Tabella 2.6) riassume le quantità complessive giornaliere di materiale che costituiscono il compost in fase di fermentazione e il compost in fase di maturazione e riporta le ore di lavoro della macchina rivolta cumuli, ipotizzando un numero di ribaltamenti quotidiano pari a 1 per il materiale a fermentare e a 0,25 (un ribaltamento ogni 4 giorni) per il materiale a maturare.

	Quantità in ingresso quotidiana	Durata del processo	Quantità complessiva da rivoltare	Numero di ribaltamenti quotidiani ipotizzati	Ore di lavoro della rivolta cumuli
Processo di fermentazione	26,4 ton/g	30 g	792 ton/g	1	0,9 h/g
Processo di maturazione	26,4 ton/g	40 g	1056 ton/g	0,25	0,3 h/g
Totale ore di lavoro annue della rivolta cumuli					438 h/anno

Tabella 2. 6: Stima delle ore di lavoro annue della rivolta cumuli nell'impianto MBTF di Baalbek  
I calcoli sono stati realizzati supponendo che la densità del materiale organico trattato sia pari a 252 kg/m<sup>3</sup> (GEOflint, 2011).

Spese generali (5%)	18'900 €/anno
<b>Costi Totali</b>	<b>472'140 €/anno</b>

Tabella 2. 5: Stima dei costi d'esercizio dell'impianto MBTF di Baalbek, che processa 21'900 ton/anno di RSU

Una stima dei costi operativi e di manutenzione dell'impianto per la Produzione di Biogas di Baalbek è illustrata in Tabella 2.7. I dati riportati nella seguente tabella sono stati, in parte, forniti dalla società Studio Azue ed in parte ricavati da ricerche di letteratura su impianti simili di dimensioni confrontabili.

<b>IMPIANTO PRODUZIONE DI BIOGAS</b>				
<b>Costi operativi e di manutenzione</b>				
<b>Costi relativi al personale</b>				
	Costo orario	Numero	Costo annuo	
Manager/supervisore	1'000 €/mese	1	12'000 €/anno	
Operatori	400 €/mese	2 per turno	19'200 €/anno	
Meccanici	/	Intervento su chiamata	/	
Manutentori	/	Intervento su chiamata	/	
<b>Subtotale costi</b>	<b>31'200 €</b>			
<b>Costi di gestione del materiale</b>				
	Tonnellate/anno trasportate	Costo unitario a tonnellata	Costo annuo	
Trasporto del percolato agli impianti di trattamento	-	-	12'480 €/anno	
<b>Subtotale costi</b>	<b>-</b>			
<b>Costi di gestione aziendale</b>				
Costi Assicurativi (0,5% dell'investimento)	5'000 €/anno			
Amministrazione	-			
Pubbliche relazioni	-			
Formazione e sicurezza	-			
Marketing	/			
<b>Subtotale costi</b>	<b>5'000 €/anno</b>			
<b>Costi di processo</b>				
	unità	costo	unità	subtotale
Carburante -Pala gommata	25 litri/h	0,91 €/litro	2'000 h/anno	45'500 €/anno
Elettricità richiesta dall'impianto (autoproduzione)	40 kWh	0,003 €/kWh (EDL)	8'000 h/anno	9'600 €/anno

Acqua				-
Manutenzione ordinaria (13%) <sup>7</sup>				11'323 €/anno
Manutenzione straordinaria (18%) <sup>8</sup>				15'670 €/anno
Analisi di laboratorio percolato		300 €/analisi	2 analisi/anno	600 €/anno
<b>Subtotale costi</b>	<b>73'093 €</b>			
Spese generali (5%)	3'655 €			
<b>Costi Totali</b>	<b>112'948 €</b>			
<b>Costo Unitario (per 8000 h di lavoro anno dell'unità di cogenerazione)</b>	<b>0,069 €/kWh</b>			

Tabella 2. 7: Stima dei costi operativi e di manutenzione dell'impianto per la Produzione di Biogas di Baalbek

### *Ammortamenti impianti e attrezzature*

L'ammortamento è un procedimento con il quale un costo pluriennale viene ripartito tra gli esercizi di vita utile del bene, facendolo partecipare per quote alla determinazione del reddito dei singoli esercizi. Il piano d'ammortamento è un prospetto che indica, per ogni periodo d'esercizio, l'importo della quota da ammortizzare, il totale del fondo ammortamenti e il valore residuo del bene (tenendo conto dell'obsolescenza che il bene subisce). L'ammortamento è un costo figurativo che concorre a determinare la base imponibile ai fini della liquidazione delle imposte: per questo motivo, in Italia, la procedura dell'ammortamento è prescritta dal Codice Civile ai fini della redazione del bilancio d'esercizio.

In questo lavoro si è ipotizzato un piano d'ammortamento per i principali beni e immobili che costituiscono i tre impianti, utilizzando come tecnica d'ammortamento quella a quote capitali costanti (o ammortamento all'italiana) e come coefficienti d'ammortamento quelli previsti dalla legislazione fiscale italiana. In particolare i coefficienti utilizzati sono quelli indicati nel D.M. del 31-12-1988 e ancora oggi validi nel contesto legislativo-fiscale italiano. Essi sono stati stabiliti tenendo conto di due fattori:

- il settore di attività in cui opera l'impresa
- la categoria a cui appartiene il bene

In Tabella 2.8 è proposto un piano di ammortamento a quote capitali costanti per i principali cespiti dell'impianto MBTF di Baalbek. Da una ricerca bibliografica si è arrivati a determinare una vita media dell'impianto di 15 anni, assunto dunque come orizzonte temporale del piano di ammortamento. Per ogni categoria di bene viene riportato il coefficiente di ammortamento utilizzato ("i"), ricavato dal D.M. del 31-12-1988 ed espresso in percentuale, rappresentativo della vita utile media della categoria. Inoltre, per ogni k-esimo

<sup>7</sup> Fonte: Analisi di Fattibilità Economica di un impianto a biogas con la teoria delle opzioni reali, Fouepi Patricia

<sup>8</sup> Fonte: Analisi di Fattibilità Economica di un impianto a biogas con la teoria delle opzioni reali, Fouepi Patricia

anno d'esercizio, sono indicati nell'ordine la quota di ammortamento ( $Q_k$ ), il valore del fondo ammortamenti ( $FA_k$ ) e il valore residuo ( $VR_k$ ).

Anche per l'impianto di Produzione di Biogas e per la Discarica di Baalbek (i cui costi d'investimento sono approfonditi successivamente nel capitolo) si propone un piano di ammortamento a quote capitali costanti per un periodo complessivo pari a 15 anni, relativo ai principali cespiti ed esposto in Tabella 2.9 e 2.10. Da una ricerca bibliografica si è arrivati a determinare una vita media per l'impianto di Produzione del Biogas pari a 15 anni, mentre per la Discarica, mettendosi in un'ipotesi pessimistica, si suppone che le due celle siano sature al termine dei primi 10 anni e che sia necessario dunque realizzare una terza cella, tramite un successivo investimento. Dall'undicesimo anno in poi, il piano di ammortamento riportato è relativo alla terza cella della discarica, il cui costo d'investimento è calcolato come media degli investimenti relativi alle prime due celle.

Anno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Edificio (i=6,7%): 971'000 €																
Q <sub>k</sub>	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	65057	60202	
FA <sub>k</sub>	65057	130114	195171	260228	325285	390342	455399	520456	585513	650570	715627	780684	845741	910798	971000	
VR <sub>k</sub>	905943	840886	775829	710772	645715	580658	515601	450544	385487	320430	255373	190316	125259	60202	0	
Costruzioni leggere, tettoie, baracche (i=10%)																
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Impianti specifici di utilizzazione e attrezzature (i=10%): 600'550 €																
Q <sub>k</sub>	60055	60055	60055	60055	60055	60055	60055	60055	60055	60055	0	0	0	0	0	
FA <sub>k</sub>	60055	120110	180165	240220	300275	360330	420385	480440	540495	600550	0	0	0	0	0	
VR <sub>k</sub>	540495	480440	420385	360330	300275	240220	180165	120110	60055	0	0	0	0	0	0	
Impianti destinati al trattamento ed al depuramento delle acque, fumi nocivi, ecc. mediante l'impiego di reagenti chimici (i=15%)																
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mobili e macchine ordinarie d'ufficio (i=12%)																
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Impianti e mezzi di sollevamento, carico e scarico, pesatura, ecc. (i=7,5%): 150'000 €																
Q <sub>k</sub>	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	3750	0
FA <sub>k</sub>	11250	22500	33750	45000	56250	67500	78750	90000	101250	112500	123750	135000	146250	150000	0	0
VR <sub>k</sub>	138750	127500	116250	105000	93750	82500	71250	60000	48750	37500	26250	15000	3750	0	0	
	<b>136362</b>	<b>76307</b>	<b>76307</b>	<b>76307</b>	<b>68807</b>	<b>60202</b>										

Tabella 2. 8: Ipotesi del piano d'ammortamento per i principali cespiti dell'impianto MBTF

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Anno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Edificio (i=6,7%): 336'502€															
Q <sub>k</sub>	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	22546	20863
FA <sub>k</sub>	22546	45091	67637	90183	112728	135274	157819	180365	202911	225456	248002	270548	293093	315639	336502
VR <sub>k</sub>	313956	291411	268865	246319	223774	201228	178683	156137	133591	111046	88500	65954	43409	20863	0
Costruzioni leggere, tettoie, baracche (i=10%)															
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impianti specifici di utilizzazione e attrezzature (i=10%): 443'811 €															
Q <sub>k</sub>	44381	44381	44381	44381	44381	44381	44381	44381	44381	44381	0	0	0	0	0
FA <sub>k</sub>	44381	88762	133143	177524	221906	266287	310668	355049	399430	443811	0	0	0	0	0
VR <sub>k</sub>	399430	355049	310668	266287	221906	177524	133143	88762	44381	0	0	0	0	0	0
Impianti destinati al trattamento ed al depuramento delle acque, fumi nocivi, ecc. mediante l'impiego di reagenti chimici (i=15%): 204'700 €															
Q <sub>k</sub>	30705	30705	30705	30705	30705	30705	20470	0	0	0	0	0	0	0	0
FA <sub>k</sub>	30705	61410	92115	122820	153525	184230	204700	0	0	0	0	0	0	0	0
VR <sub>k</sub>	173995	143290	112585	81880	51175	20470	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobili e macchine ordinarie d'ufficio (i=12%)															
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impianti e mezzi di sollevamento, carico e scarico, pesatura, ecc. (i=7,5%): 150'000 €															
Q <sub>k</sub>	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	3750
FA <sub>k</sub>	11250	22500	33750	45000	56250	67500	78750	90000	101250	112500	123750	135000	146250	150000	0
VR <sub>k</sub>	138750	127500	116250	105000	93750	82500	71250	60000	48750	37500	26250	15000	3750	0	0
	<b>108882</b>	<b>108882</b>	<b>108882</b>	<b>108882</b>	<b>108882</b>	<b>108882</b>	<b>98647</b>	<b>78177</b>	<b>78177</b>	<b>78177</b>	<b>33796</b>	<b>33796</b>	<b>33796</b>	<b>26296</b>	<b>20863</b>

Tabella 2. 9:Ipotesi del piano d'ammortamento per i principali cespiti dell'Impianto di Produzione di Biogas

Anno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Edificio (i=6,7%): 286'400 €																
Q <sub>k</sub>	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	19189	17757	
FA <sub>k</sub>	19189	38378	57566	76755	95944	115133	134322	153510	172699	191888	211077	230266	249454	268643	286400	
VR <sub>k</sub>	267211	248022	228834	209645	190456	171267	152078	132890	113701	94512	75323	56134	36946	17757	0	
Costruzioni leggere, tettoie, baracche (i=10%):77'300 €																
Q <sub>k</sub>	7730	7730	7730	7730	7730	7730	7730	7730	7730	7730	0	0	0	0	0	
FA <sub>k</sub>	7730	15460	23190	30920	38650	46380	54110	61840	69570	77300	0	0	0	0	0	
VR <sub>k</sub>	69570	61840	54110	46380	38650	30920	23190	15460	7730	0	0	0	0	0	0	
Impianti specifici di utilizzazione e attrezzature (i=10%): 1'686'223 € è l'investimento per le prime due celle. Al termine del decimo anno si ipotizza di compiere un investimento di 646'061 € per la costruzione della terza cella della discarica (i=20% , poiché si prevede una vita di 5 anni)																
Q <sub>k</sub>	168622	168622	168622	168622	168622	168622	168622	168622	168622	168622	129212	129212	129212	129212	129212	
FA <sub>k</sub>	168622	337245	505867	674489	843111	1011734	1180356	1348978	1517600	1686223	129212	258425	387637	516849	646061	
VR <sub>k</sub>	1517600	1348978	1180356	1011734	843111	674489	505867	337245	168622	0	516849	387637	258425	129212	0	
Impianti destinati al trattamento ed al depuramento delle acque, fumi nocivi, ecc. mediante l'impiego di reagenti chimici (i=15%): 43'500 €																
Q <sub>k</sub>	6525	6525	6525	6525	6525	6525	6525	4350	0	0	0	0	0	0	0	
FA <sub>k</sub>	6525	13050	19575	26100	32625	39150	45675	50025	0	0	0	0	0	0	0	
VR <sub>k</sub>	43500	36975	30450	23925	17400	10875	4350	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mobili e macchine ordinarie d'ufficio (i=12%)																
Q <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FA <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VR <sub>k</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Impianti e mezzi di sollevamento, carico e scarico, pesatura, ecc. (i=7,5%): 150'000 €																
Q <sub>k</sub>	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	11250	3750	0
FA <sub>k</sub>	11250	22500	33750	45000	56250	67500	78750	90000	101250	112500	123750	135000	146250	150000	0	0
VR <sub>k</sub>	138750	127500	116250	105000	93750	82500	71250	60000	48750	37500	26250	15000	3750	0	0	
	<b>213316</b>	<b>211141</b>	<b>206791</b>	<b>206791</b>	<b>159651</b>	<b>159651</b>	<b>159651</b>	<b>152151</b>	<b>146969</b>							

Tabella 2. 10: Ipotesi del piano d'ammortamento per i principali cespiti della Discarica

## 2.6 Fonti di finanziamento e recupero dei costi

Un sistema di gestione dei RSU (raccolta e trattamento) in Libano viene attualmente finanziato attraverso quattro meccanismi (Jadam, 2010):

- Il Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione può direttamente allocare budget, prelevati dal tesoro del Ministero delle Finanze, per andare a coprire i costi di costruzione degli impianti di trattamento dei rifiuti solidi (impianti di selezione o di compostaggio). Il MoIM detrae poi questi costi dall'importo del Fondo Comunale, istituito sotto la sua supervisione, e destinato ai diversi Comuni e alle Unione Comunali.
- Il Governo, attraverso il Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione, può destinare direttamente determinati budget del Fondo Comunale a specifici progetti (ad esempio, alcuni budget sono stati destinati ad alcune strutture di gestione dei rifiuti solidi e ad alcune discariche nella zona della Capitale Beirut).
- Prestiti internazionali e sovvenzioni garantiscono la realizzazione di altri progetti (ad esempio la costruzione di alcuni impianti di Gestione dei Rifiuti Solidi è stata finanziata dai contributi del programma SWEMP, dall'USAID, così come dall'UE attraverso l'OMSAR).
- I contributi cittadini, erogati mediante le imposte comunali, e il Fondo Comunale Indipendente, sono soprattutto importanti per il funzionamento di alcuni impianti di trattamento e per le discariche al di fuori della regione della Capitale Beirut e del Monte Libano. Infatti, in Libano la legge prevede che siano le Municipalità, sotto la guida del MoIM, ad assumersi la responsabilità di erogare il servizio di gestione dei RSU (Legge Comunale No. 8735 del 1974) e il suo costo viene dunque contemplato nelle imposte comunali. Tale finanziamento, direttamente proveniente dai Comuni, è la fonte di finanziamento principale, ad esempio, della discarica di Zahleh e del Waste Compound di Baalbek. L'obiettivo del Fondo Comunale Indipendente (Independent Municipal Fund, FMI) è quello di dare ai Comuni una quota, pari al 10%, di tutte le bollette raccolte dal governo centrale e derivanti da un supplemento sul costo del telefono, elettricità, bolletta dell'acqua, nonché dai dazi sulle importazioni. In Libano, attualmente, manca un'imposta comunale diretta sulla gestione dei rifiuti.

### *Costo del servizio di trattamento e smaltimento dei RSU del Comune di Baalbek*

Il Piano proposto dal Consiglio per la Ricostruzione e lo Sviluppo nel 2006 prevedeva un investimento di 400 milioni di dollari per la realizzazione di 26 impianti di selezione e compostaggio (uno per ciascuno dei 26 Caza), nonché di alcuni siti di smaltimento (8 discariche). Tale Piano, inoltre, aveva previsto anche l'introduzione di una tassa di smaltimento con un valore oscillante tra 7-40 dollari per tonnellata di rifiuti, in funzione della dimensione degli impianti nella regione in questione. È stata contemplata in aggiunta una tassa al cancello, che per gli impianti di trattamento meccanico biologico vale in media 20 dollari a tonnellata, al fine di garantire il raggiungimento di un tasso interno di rendimento per l'attività di almeno il 10%. Il valore medio di entrambe le tasse sopra nominate cresce

notevolmente nella regione della Capitale Beirut, dove gli impianti di trattamento prevedono anche la presenza di inceneritori (SWEEP-Net, 2010).

Partendo da una valutazione sui costi d'investimento e di esercizio di tutti e tre gli impianti del WC, è possibile arrivare a quantificare un costo di trattamento e smaltimento per tonnellata di rifiuti (analisi svolta di seguito in questo Capitolo). Tale costo dovrebbe rappresentare il costo del servizio che la società gestore potrà chiedere al Comune, in funzione delle tonnellate di RSU registrate in ingresso al WC. È possibile, in tal modo, realizzare una stima approssimativa del flusso monetario medio annuo in ingresso al Waste Compound, indicativo del costo per il servizio comunale di smaltimento e trattamento dei rifiuti dell'Unione Comunale.

### *Ricavi derivanti dalla vendita dei materiali riciclabili selezionati*

Il mercato dei materiali riciclabili in Libano è estremamente vivace ed interessante, oltre che essere caratterizzato da una forte domanda (Monzini, 2014). Ciò che più è interessante è che, nonostante l'elevata quantità di rifiuti riciclabili prodotti, la loro disponibilità sul mercato rimanga molto bassa. Le quantità riciclate sono scarse a causa della mancanza di idonei sistemi di gestione e strategie di mercato adeguate. La frazione di riciclabili contenuta nella massa di RSU indifferenziata può essere smaltita nei seguenti modi:

- deposito e smaltimento in discarica;
- selezione e recupero in un impianto di classificazione.

Nel primo caso, essi possono essere raccolti dai così detti "riciclatori", persone che cercano tra i rifiuti delle discariche aperte, oggetti in plastica, metallo o vetro che ritengono di poter rivendere con un certo vantaggio economico, scavando tra i rifiuti con strumenti rudimentali oppure manualmente. I materiali riciclabili che essi recuperano in questo modo, tuttavia, sono meno preziosi per una serie di fattori, come la presenza di impurità e la contaminazione da materiali pericolosi.

Nel secondo caso, i rifiuti vengono raccolti e trasportati all'unità di classificazione che è gestita dal Comune o da un soggetto privato (sempre in collaborazione con il Comune).

Mentre nel primo caso la gestione dei rifiuti rappresenta solo un costo, nel secondo caso chi gestisce l'impianto può trarre profitto dalla vendita della porzione di materiale riciclabile. L'assenza di una corretta pianificazione e gestione di questo processo purtroppo però, nella maggior parte dei casi, riduce ampiamente la redditività dell'attività di riciclaggio. Queste modalità deboli di gestione contrastano, d'altra parte, con una forte domanda soprattutto di metallo, batterie per auto, plastica e carta riciclati, disponibili sul mercato in quantità ridotte.

Inoltre, quando i materiali riciclabili sono venduti con un alto contenuto di impurità o mal separati, il prodotto è di qualità secondaria e viene venduto ad un prezzo inferiore, il che comporta bassi profitti (se non addirittura perdite) derivanti dalla vendita. Questo rischio può essere drasticamente ridotto tramite la separazione alla fonte dei rifiuti (introducendo, cioè, la raccolta differenziata).

Nel caso del Waste Compound di Baalbek i ricavi derivanti dalla vendita dei materiali riciclabili (carta, vetro, plastica e metalli), per il primo anno di attività, sono riassunti in Tabella 2.11. Essi sono stati calcolati conoscendo le quantità annue raccolte dei diversi

materiali, in funzione dei rendimenti di recupero e delle tecnologie utilizzate (Capitolo 1), e ipotizzando un prezzo medio di vendita di tale materiale sul mercato libanese del riciclato.

Materiale	Quantità recuperata (ton/anno)	Prezzo medio (€/ton)	Ricavi derivanti dalla vendita (€/anno)
Carta e Cartone	1862	20-70	83'790
Plastica	1752	72-88	140'160
Vetro	1476	19-22,5	30'627
Metalli	591	450 <sup>9</sup>	265'950
Totale Ricavi			520'527

Tabella 2. 11: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita dei materiali riciclabili durante il primo anno di attività del WC

Il prezzo medio dei diversi materiali è stato ricavato contattando alcune delle principali società che operano sul mercato libanese del riciclo. Sono state contattate le società: SOLICAR a Wadi Shahrour, Sicomo a Qab Elias, Unipack a Halat e Mimoza a Qaa al- Rim, per ricavare il dato sul prezzo medio di carta e cartone; le società Soliver a Shouefat e Maliban a Chtaura per i dati sul prezzo del vetro; e le società Mazar Plast di Bekaa, Rocky Plast di Jbeil, e la società Lebanese Recycling Works per i dati sui materiali plastici. Nel caso dei metalli, il discorso è diverso poiché le principali società che operano nel settore (Liban Fonderies a Roumieh e Ohanis Kasarjian a Kfarschima) hanno risposto che il prezzo con cui acquistano tali materiali dipende dai tassi di mercato internazionale, di conseguenza il valore riportato è un'ipotesi relativa al contesto europeo. Tali società e i rispettivi contatti sono elencati in APPENDICE 6 (Cooperazione Italiana. (2013). *Management of Recyclable Material for Lebanese Municipalities Handbook for the proper preparation, handling, processing & selling of recyclable materials in Lebanon*).

### *Ricavi potenziali derivanti dalla vendita del compost*

Una potenziale fonte di reddito derivante dalla gestione di un impianto di Trattamento Meccanico Biologico può essere rappresentata dalla vendita di compost di qualità elevata (GRADO A o B). Per rendere il compost che si ottiene dall'impianto MBTF un prodotto ad elevato valore aggiunto, utilizzabile nel settore agricolo e quindi rivolto verso uno specifico mercato, è necessario raggiungere gli standard di qualità indicati dall'ordinanza del Ministero dell'Ambiente (riportati nel Capitolo 1). Nel caso del WC di Baalbek si considera di poter raggiungere tali standard solo mediante l'introduzione di un sistema di separazione all'origine della frazione organica dei RSU. Alle considerazioni sui ricavi derivanti dalla vendita, inoltre, si devono affiancare le considerazioni sui costi da affrontare per migliorare i processi di fermentazione e maturazione e per introdurre un processo di raffinazione. La

---

<sup>9</sup> Si suppone questa distribuzione in peso dei metalli riciclabili selezionati tramite la separazione manuale:

- 70% di rottami in acciaio, il cui prezzo oscilla tra 150-170 €/ton
- 10% di rottami in alluminio, il cui prezzo oscilla tra 680-700 €/ton
- 20% di rottami in rame, il cui prezzo oscilla tra 1200-1500 €/ton

[Fonte: <http://www.letsrecycle.com/prices>]

La media pesata (in base alle percentuali) di questi prezzi è utilizzata come prezzo medio per tonnellata di materiali metallici venduti e vale 450 €/ton.

---

commercializzazione del compost così ottenuto potrebbe far crescere il profitto dell'attività di gestione. In Tabella 2.12 si mostrano i dati sulla vendita del compost nel mercato libanese. La commercializzazione del compost può essere un'importante fonte di reddito, come mostrato in questa tabella.

Prezzo di vendita per singola busta	Contenuto di una busta	Prezzo a tonnellata
5-9 €/busta	40 libbre ~ 18 Kg	278-500 €/ton

Tabella 2. 12: Prezzo di vendita del compost nel mercato libanese

Oltre ai costi di miglioramento del processo, utili a raggiungere gli standard richiesti per la vendita del compost, anche la stessa commercializzazione del prodotto comporta delle spese, oltre le potenziali entrate. Altri costi si aggiungono se chi si occupa della vendita di questo prodotto non ne possiede un'adeguata conoscenza. In tal caso infatti l'utilizzo errato del prodotto come concime può causare danni alle piante e alle coltivazioni e conseguenti azioni legali, che determinano dei costi. Le spese connesse con la commercializzazione del compost sono indicate di seguito, anche se, ovviamente, non sono tutte spese individuabili in tutti i casi. La diversificazione del prodotto poi, per rivolgerlo a mercati specifici, può migliorare significativamente il suo valore. Più grande è la struttura che si occupa del compostaggio, e più livelli di qualità del compost essa è in grado di produrre, più applicabili sono queste categorie:

- Manodopera
- Ricerche di mercato
- Analisi della concorrenza
- Sviluppo della strategia di prodotto
- Registrazione del prodotto
- Test sul prodotto
- Vendite
- Forza lavoro indiretta
- Progettazione del packaging
- Documentazione sul prodotto
- Comunicazione
- Promozioni
- Partecipazione a fiere, mostre, convegni
- Commissioni
- Trasporto

### *Ricavi derivanti dalla produzione e vendita di energia elettrica*

Mediante il processo di digestione anaerobica, che lavora annualmente circa 8000 tonnellate di rifiuti organici, si produce del biogas, inviato all'unità di cogenerazione (con 203,5 kW di potenza) per ottenere una certa quantità di energia che è possibile distribuire come segue (supponendo che i due cogeneratori lavorino in media 8000 h/anno):

- **Energia termica** (con rendimento: 43%) → 1'892'000 kWh/anno (attualmente non utilizzata)
- **Energia elettrica** (con rendimento: 37%) → 1'628'000 kWh/anno

Il valore economico dell'energia prodotta si può stimare considerando una media tra quelli che sarebbero i costi da supportare se tale quantità di energia fosse prodotta mediante un generatore alimentato a combustibile e i costi di acquisto se tale energia venisse, invece, fornita dal EDL (Electricità Du Liban):

- Costi per produrre 200 kW/h usando un generatore alimentato a combustibile (costo unitario: 0,12 €/kWh): 195'360 €/anno
- Costi relativi alla fornitura di 200 kW/h da EDL (costo unitario: 0,03 €/kWh): 48'840 €/anno

Il valore medio dell'energia ottenuta, considerando 4000 h di produzione per ciascuna delle due modalità, è di circa 122'100 €/anno, pari a: 0,075 €/kWh (Studio Azue, December 2011).

Il profitto derivante dalla produzione di energia mediante l'impianto di cogenerazione alimentato a biogas, può essere stimato come differenza tra i ricavi e i costi unitari di produzione per kW prodotti durante l'anno. Da cui:

**Profitto: (0,075 €/kWh – 0,069 €/kWh)\*8000 h/anno\*203,5 kW/h = 9'768 €/anno**

## 2.7 Costi d'investimento e operativi della Discarica Sanitaria

I costi di costruzione, esercizio e chiusura di una discarica dipendono ovviamente da un'enorme quantità di fattori, che partono dalle caratteristiche del suolo e dell'area geografica fino ad arrivare alle scelte sui singoli sistemi/impianti di isolamento e di controllo. È possibile suddividere le informazioni necessarie ad una stima dei costi in:

- caratteristiche generiche della discarica e informazioni sui rifiuti da smaltire (Tabella 2.13);
- caratteristiche geometriche e di design (Tabella 2.14);
- programma di sviluppo delle celle (Tabella 2.15).

Partendo da questi dati si può giungere ad una stima dei costi relativa a tutte e tre le fasi del ciclo di vita della discarica (costruzione, esercizio e chiusura), riassunti in Tabella 2.16 (Landfill Full Cost Accounting Guide for New Zealand, <https://www.mfe.govt.nz/publications/waste/landfill-full-cost-accounting-guide-mar04/html/page7.html>). I dati relativi al progetto della discarica di Baalbek, utilizzati per compilare il format tratto dal sito del Ministero della Nuova Zelanda, sono stati stimati sulla base di dati relativi a siti attivi con dimensioni e caratteristiche simili. A differenza di quelli utilizzati per gli altri due impianti, questi ultimi sono caratterizzati da un margine di approssimazione maggiore, non avendo avuto a disposizione molte informazioni primarie su cui poterli stimare. Il progetto esecutivo della Discarica Sanitaria di Baalbek è ancora in fase di definizione e approvazione, ma anche le versioni del progetto precedenti a quella esecutiva, seppur richieste ai responsabili di Cooperazione Italiana in Baalbek, non sono state messe a disposizione.

<b>Informazioni generiche sulla discarica di Baalbek e sulle quantità di RSU da smaltire</b>	
Stato di sviluppo dell'opera	In fase di approvazione del progetto esecutivo
Vita utile prevista (scenario pessimistico)	10 anni
Periodo di controllo dopo la chiusura	30 anni
Quantità di rifiuti da smaltire il primo anno di attività	21'213 ton
Tasso di crescita annuo	6,5%
Densità dei rifiuti in discarica	0,8 ton/m <sup>3</sup>
Densità del compost	0.35 ton/m <sup>3</sup>
Tasso di copertura giornaliero	1/4
Precipitazioni medie	410 mm/anno

Tabella 2. 13: Informazioni generiche sulla discarica e sulla quantità di rifiuti da smaltire (GEOflint, 2011)

<b>Caratteristiche geometriche e design della discarica di Baalbek</b>	
Strato di fondo:	
Profondità dello strato di suolo superficiale	150 mm
Profondità dello strato sub superficiale	950 mm
Strato drenante	500 mm
Profondità dello strato a bassa permeabilità (strato 1)	250 mm
Profondità dello strato a bassa permeabilità (strato 2)	250 mm
Copertura finale:	
Profondità dello strato di suolo superficiale	300 mm
Profondità dello strato sub superficiale (impermeabile di protezione)	300 mm
Strato drenante	500 mm
Strato di materiale impermeabile non naturale (geomembrana o simili)	1,5-2 mm
Fondazione	200 mm
Distanza dell'accesso stradale:	1,7 km dall'autostrada Zahle-Baalbek-Hermel  2,5-3 km a nord di Baalbek
Lunghezza e tipologia delle recinzioni	-

Tabella 2. 14: Informazioni sulle caratteristiche geometriche e di design della discarica di Baalbek

<b>Programma di Sviluppo delle celle della discarica di Baalbek</b>			
	<b>TOTALE</b>	<b>CELLA 1</b>	<b>CELLA 2</b>
Volume netto (escludendo la copertura finale)	467'500 m <sup>3</sup>	-	-
Area	22'000 m <sup>2</sup>	-	-
Area dello strato finale di protezione	22'000 m <sup>2</sup>		
Area di copertura finale	22'000 m <sup>2</sup>		
Stratificazione della discarica (esclusa la copertura finale):			
Strato di suolo superficiale	3300 m <sup>3</sup>		
Strato di materiale impermeabile non naturale	44 m <sup>3</sup>		

(geomembrana o simili)	
Strato di suolo sub superficiale	20900 m <sup>3</sup>
Materiale a bassa permeabilità	11000 m <sup>3</sup>
Strato drenante	11000 m <sup>3</sup>
Sistema di drenaggio e raccolta percolato:	
Tubazioni per il percolato	265 m
Tubazioni di intestazione	200 m
Tombini e bocche d'accesso	1
Pozzi di scarico	3
Stazioni di pompaggio automatiche	1
Numero delle vasche di pretrattamento e stoccaggio percolato (ossigenazione, fitodepurazione, ecc.)	1
Materiale di costruzione delle vasche	calcestruzzo
Macchine per il pretrattamento	-
Sistema di drenaggio e raccolta gas:	
Tubazioni di raccolta orizzontali	790 m
Tubazioni di raccolta verticali (pozzi)	370 m
Condutture d'intestazione principali	360 m
Separatori di condensa	5
Sistema di filtrazione biogas (H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> )	-
Torcia	1

Tabella 2. 15: Informazioni sul programma di sviluppo delle celle della discarica di Baalbek

<b>STIMA DEI COSTI PER LA DISCARICA DI BAALBEK</b>	
<b>COSTI D'INVESTIMENTO, PROGRAMMAZIONE E PRECOSTRUZIONE</b>	
Gestione del progetto	20'000 €
Selezione del sito	15'000 €
Consulenze	7'000 €
Ispezioni e progettazione preliminare	-
Ispezioni geologiche e delle falde acquifere	-
Altri studi dettagliati	-
Monitoraggio preliminare	-
Processi di autorizzazione	
-VIA	45'000 €
-Disegno del Piano di Gestione	15'000 €
-Aspetti legali	35'000 €
-Ascolto del pubblico	
-Appello/Ricorso pubblico	
Acquisto del sito	/
	<b>137'000 €</b>
<b>COSTI DI BASE</b>	
Ingegnerizzazione:	
Progettazione di dettaglio	6%
Gestione dei lavori di costruzione	6,5%
Costi di appalto	12,5%
	<b>595'105 €</b>

COSTI DI SVILUPPO E REALIZZAZIONE		
Accesso al sito: -Lavori di ristrutturazione reti stradali -Strade d'accesso -Strutture speciali (es. ponti)	250'000 € - -	
Dotazioni e servizi del sito: - Strutture di accesso del WC (portoni, cabine dei guardiani e della pesa ponte) -Edifici dell'Amministrazione -Pesaponte -Officina di manutenzione macchine -Rete elettrica e telefono -Rete fognaria o simili -Rete idrica -Opere civili generali (es. parcheggio) -Impianto di lavaggio -Recinzioni	7'300 € 50'000 € 20'000 € 56'400 € 30'000 € 14'500 € 22'000 € - - -	
Costruzione delle celle: -Impostazione delle strutture di controllo e misure  -Pulizia del terreno preparato -Perimetro d'accesso stradale -Strato superficiale (scavato per essere stoccato) -Strato sub superficiale (scavato per essere stoccato) -Strato a bassa permeabilità (scavato per essere stoccato) -Strato di materiale strutturale (scavato per essere stoccato) -Strato di fondo per il deposito -Trattamento speciale dello strato di fondo -Materiale sintetico (approvvigionamento e installazione): geomembrana di spessore 1,5-2 mm -Strato di protezione	-  1,3 €/m <sup>2</sup> 582 €/m 1,46 €/m <sup>3</sup> 4 €/m <sup>3</sup> 4 €/m <sup>3</sup> 2,18 €/m <sup>3</sup> 0,73 €/m <sup>2</sup> 16 €/m <sup>2</sup> 11,3 €/m <sup>2</sup> 5,2 €/m <sup>2</sup>	-  28'600 € - 4'818 € 83'600 € 44'000 € 23'980 € 16'060 € 352'000 € 248'600 € 114'400 €
Sistema di raccolta e trasferimento del percolato: -Tubature di raccolta principali -Tubature di raccolta ausiliarie -Pozzi di scarico -Tombini e bocche d'accesso -Stazioni di pompaggio automatiche -Strato di raccolta del percolato -Impianto di pre-trattamento del percolato -Sistema di smaltimento percolato	117 €/m 43,7 €/m 7'280 € ciascuno 3'600 € ciascuno 35'000 € ciascuno 9,1 €/m <sup>2</sup> 291'200 € 101'900 €	23'400 € 11'580 € 21'840 € 3'600 € 35'000 € 200'200 € - -
Sistema di gestione dell'acqua piovana: -Deviazione acqua piovana -Scarichi aperti -Scarichi stabilizzati -Vasche per il trattamento	- 36,4 €/m 54,6 €/m 30'000	- - - 30'000 €

-Strumentazione per il trattamento	13'500	13'500 €
Sistema di gestione del gas:		
-Collettori/tubature orizzontali	72,8 €/m	57'512 €
-Tubature di raccolta verticali (pozzi)	145,6 €/m	53'872 €
-Condutture d'intestazione principali	51 €/m	18'360 €
-Sistema di filtrazione biogas (H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> )	-	-
-Separatori di condensa	1'460 € ciascuno	7'300 €
-Torcia (stazione di combustione del gas)	401'000 €	401'000 €
	<b>2'975'528 €</b>	
Copertura finale:		
-Strato superficiale (stoccato)	3,6 €/m <sup>3</sup>	11'880 €
-Strato superficiale (importato)	25,5 €/m <sup>3</sup>	84'150 €
-Strato di altro materiale (stoccato)	4,7 €/m <sup>3</sup>	-
-Strato sub superficiale (stoccato)	4 €/m <sup>3</sup>	26'400 €
-Strato di materiale a bassa permeabilità (stoccato)	7,3 €/m <sup>3</sup>	80'300 €
-Strato sintetico (geotessile)	8,7 €/m <sup>2</sup>	191'400 €
-Strato drenante	4,4 €/m <sup>2</sup>	96'800 €
-Vegetazione	0,4 €/m <sup>2</sup>	8'800 €
	<b>499'730 €</b>	
<b>COSTI PER ACQUISTO AUTOVEICOLI</b>		
Pala Gommata	1	150'000 €
Camion	-	-
<b>COSTI OPERATIVI (O D'ESERCIZIO)</b>		
Scarico di rifiuti giornaliero	8 €/ton	169'700 €/anno
Copertura giornaliera	0,18 €/ton	/
Controllo degli odori e altri disturbi	14'500 €/anno	
Manutenzione generale	7'000 €/anno	
Salari/Stipendi ed altro (spese di revisione, contabilità, assicurazione, consulenze, legale, sicurezza e salute ecc.)	60'000 €/anno	
Royalties	/	
Coperture intermedie	0,18 €/ton	/
Treatmento e smaltimento percolato:		
-Autotrasporto in camion fuori dal sito	29 €/m <sup>3</sup>	85'900 €/anno
-Operatività del sistema di smaltimento	1 €/m <sup>3</sup>	-
-Costo conferimento percolato non trattato	3,6 €/m <sup>3</sup>	-
-Costo conferimento percolato trattato	3,6 €/m <sup>3</sup>	-
Monitoraggio (percolato, gas, ecc.)	14'500 €/anno	14'500 €/anno
Conformità ambientale	29'000 €/anno	29'000 €/anno
Costi elettrici	10'400 €/anno	
Costi di fornitura acqua	-	
	<b>391'000 €/anno</b>	
<b>COSTI DI CHIUSURA</b>		
Rimozione impianti		
Copertura finale	1% dei costi di costruzione	

Sistema di gestione del gas	1% dei costi di costruzione	
Sistema di controllo delle acque superficiali	1,5% dei costi di costruzione	
	<b>83'315 €</b>	
<b>COSTI POST-CHIUSURA</b>		
Amministrazione	8'000 €/anno	
Ispezioni del sito	7,3*10 <sup>-3</sup> €/m <sup>2</sup> /anno	160 €/anno
Relazioni monitoraggio MoE	5'400 €/anno	
Manutenzione del sistema di copertura finale	0,18 €/m <sup>2</sup> /anno	3'960 €/anno
Manutenzione del sistema di gest. percolato: -manutenzione del sistema -smaltimento percolato	0,04 €/m <sup>2</sup> /anno	880 €/anno 60'000 €/anno
-elettricità	0,08 €/m <sup>2</sup> /anno	1'760 €/anno
Sistema di gest. del gas: -manutenzione -elettricità	0,04 €/m <sup>2</sup> /anno 0,08 €/m <sup>2</sup> /anno	880 €/anno 1'760 €/anno
-sostituzioni	0,04 €/m <sup>2</sup> /anno	880 €/anno
Sistema di monitoraggio ambientale: -acque sotterranee (falde) -biogas -percolato -acque piovane	0,04 €/m <sup>2</sup> /anno 0,04 €/m <sup>2</sup> /anno 0,04 €/m <sup>2</sup> /anno 0,04 €/m <sup>2</sup> /anno	880 €/anno 880 €/anno 880 €/anno 880 €/anno
	<b>87'200 €/anno</b>	
<b>Totale costi post-chiusura</b>	<b>2'616'000 €</b>	
Rimozione dei restanti impianti	20'000 €	
Certificazione dopo la chiusura	14'500 €	
<b>CONTINGENZE</b>		
Durante la pre-costruzione	25% dei costi di pre-costruzione	34'250 €
Durante la costruzione	10% dei costi di costruzione	238'040 €
Durante l'attività operativa	0% dei costi operativi	/
Durante la chiusura	10% dei costi di chiusura	8'330 €
Durante il post-chiusura	5% dei costi post-chiusura	4360 €/anno

Tabella 2. 16: Stima dei costi di pre-costruzione e costruzione, d'esercizio, di chiusura e post-chiusura della discarica di Baalbek

## **2.8 Possibili sviluppi futuri: individuazione degli investimenti necessari alla realizzazione nel Waste Compound della linea di compostaggio dell'organico pulito**

L'introduzione di una nuova linea di compostaggio per materiale organico pulito nel Waste Compound di Baalbek richiederebbe alcuni investimenti in nuovi macchinari e comporterebbe ovviamente dei costi di gestione operativa e costi legati alla vendita che ricadrebbero sul costo del prodotto. Nonostante ciò sarebbe possibile ottenere un fertilizzante di alta qualità, con buone proprietà nutritive e a prezzi competitivi sul mercato. I vantaggi per le aziende locali del settore agroalimentare che potrebbero partecipare al progetto sarebbero dunque, non solo relativi all'adozione di pratiche di buona gestione, ma anche vantaggi economici, derivanti dall'approvvigionamento di fertilizzante a basso costo.

In base ad un'ipotesi sulle quantità di materiale organico pulito, che le grandi imprese agroalimentari che operano sul territorio potrebbero fornire all'impianto, sarebbe necessario fare una stima approssimativa degli investimenti richiesti:

- **Frantumatore**
- **Vaglio per compost**
- **Impacchettatrice (non necessaria)**
- **Area di stoccaggio rifiuti in ingresso**
- **Area predisposta al compostaggio**
- **Area predisposta alla maturazione del compost**
- **Sistema di drenaggio e raccolta percolato**

Oltre ai costi d'investimento andrebbero considerati anche i costi operativi d'esercizio, le voci principali in tal caso sarebbero:

- **Forza Lavoro**
- **Consumi energetici**
- **Carburante**
- **Manutenzione del sistema**
- **Analisi di laboratorio**

A tali voci di costo si sommerebbero quelle legate alla struttura commerciale e alla vendita del prodotto.

Quantificare tutte queste voci consentirebbe di attribuire un costo unitario, anche se solo approssimativo, alla produzione di compost e a definirne così il prezzo di vendita ed il vantaggio competitivo che gli stessi agricoltori ed industrie agroalimentari trarrebbero nel partecipare spontaneamente al progetto. Lo sforzo di tali attori nel realizzare una raccolta differenziata dei rifiuti organici e nel far pervenire tali rifiuti presso il sito, risentirebbe così della leva motivazionale del vantaggio economico legato all'acquisto del fertilizzante.

Anche in sede di presentazione dell'ipotesi di progetto agli attori che dovrebbero parteciparvi, è fondamentale portare cifre che diano un'idea precisa di tale beneficio economico, soprattutto in una realtà, come quella libanese, dove i concetti di recupero e riciclaggio dei rifiuti sono concetti poco diffusi e interiorizzati nella cultura locale.

## 2.9 Valutazioni economiche e finanziarie sulla redditività delle ipotesi di gestione proposte

Dall'analisi dei costi realizzata in questo Capitolo è possibile determinare un costo di trattamento e smaltimento dei rifiuti per tutte le soluzioni di gestione ipotizzate. Tale costo andrà a rappresentare una stima del contributo che il Comune di Baalbek dovrà pagare per ogni tonnellata di rifiuti trasferita nel Waste Compound. Il costo del servizio dovrà poi essere riversato sui singoli cittadini attraverso l'introduzione, in futuro, di una tassa per la gestione dei rifiuti. Per garantire un processo graduale, l'implementazione di tale tassa può prevedere, in una fase iniziale, un recupero solo parziale dei costi (corrispondente, ad esempio, ad un recupero dei costi di esercizio), per arrivare poi, in una fase successiva, ad un recupero totale dei costi a seconda del grado di convincimento della popolazione a pagare tali tasse. Tutti i restanti flussi economici in ingresso, derivanti dai prodotti del processo, quali materiali riciclabili, compost ed energia, contribuiranno, invece, al far crescere il guadagno per le società che si impegneranno nella gestione.

Si riporta in Tabella 2.17 e in Tabella 2.18 una stima dei costi di trattamento e smaltimento in discarica di 1 ton di RSU, nell'ipotesi di gestione unificata e semi-differenziata, considerando o meno la quota di ammortamento degli investimenti.

<b>GESTIONE UNICA</b>	Totale costi di trattamento MBTF e BF €/anno	Quantità in ingresso al MBTF ton/anno	Totale costi smaltimento in discarica €/anno	Quantità in discarica ton/anno	Perc. Smaltita in discarica	<b>TOTALE €/ton</b>
Costi operativi	364'108 <sup>10</sup>	21'900	320'600	21'213		<b>24,3</b>
Forza Lavoro	106'488 <sup>11</sup>		102'312			
<b>Costi unitari €/ton</b>		<b>21,5</b>		<b>19,9</b>	<b>14%</b>	
Ammortamenti	245'244		213'316			<b>36,9</b>
<b>Costi unitari €/ton</b>		<b>32,7</b>		<b>30,0</b>	<b>14%</b>	

Tabella 2. 17: Stima dei costi di trattamento e smaltimento in discarica di 1 ton di RSU presso il WC di Baalbek, ipotesi di GESTIONE UNIFICATA

<sup>10</sup> È la somma dei costi operativi degli impianti MBTF + BF, a meno del costo della forza lavoro e dei costi relativi ai consumi elettrici: (472140-175200 + 112948 -31200 - 14580) €/anno.

<sup>11</sup> Il costo della forza lavoro, nell'ipotesi di gestione unificata del WC, è stato distribuito in funzione delle tonnellate trattate dagli impianti: 51% al MBTF e BF e 49% alla Discarica.

<b>GESTIONE SEMI-DIFFERENZIATA</b>	Totale costi di trattamento MBTF e BF €/anno	Quantità in ingresso al MBTF ton/anno	Totale costi smaltimento in discarica €/anno	Quantità in discarica ton/anno	Perc. Smaltita in discarica	<b>TOTALE €/ton</b>
Costi operativi	416'330 <sup>12</sup>	21'900	348'720 <sup>13</sup>	21'213		
Forza Lavoro	175'200		60'000			
<b>Costi unitari €/ton</b>		<b>27,0</b>		<b>19,3</b>	<b>14%</b>	<b>29,7</b>
Ammortamenti	245'244		213'316			
<b>Costi unitari €/ton</b>		<b>38,2</b>		<b>29,3</b>	<b>14%</b>	<b>42,5</b>

Tabella 2. 18: Stima dei costi di trattamento e smaltimento in discarica di 1 ton di RSU presso il WC di Baalbek, ipotesi di GESTIONE SEMI DIFFERENZIATA

È possibile confrontare i costi stimati con i costi reali di gestione dei RSU relativi agli impianti di trattamento e alle discariche di alcune delle principali città del Libano in Tabella 2.19.

	Beirut	Zahleh	Tripoli	Naameh	Bsalim	Altre aree rurali
Raccolta (€/ton)	18	12	13	-	-	7-14
Classificazione (€/ton)	19	8	-	-	-	-
Smaltimento in discarica (€/ton)	38	11-15	22	28-40	23	-
Compostaggio (€/ton)	22	-	-	-	-	-

Tabella 2. 19: Costi di trattamento dei RSU nelle principali città del Libano (SWEEP-Net, 2010)

Un'altra forma di rappresentazione dei dati economici, che favorisce maggiormente il confronto tra le diverse ipotesi di gestione, consiste nel definire il costo del servizio di trattamento e di smaltimento di 1 ton di rifiuti in ingresso al WC, supponendo un profitto nella gestione dell'attività del 30%. Per quanto riguarda i costi, si considerano i costi relativi ad 1 ton di RSU trattata nel MBTF e i costi relativi alla frazione di tale quantità che andrà

<sup>12</sup> Sono i costi operativi del MBTF e del BF a meno della forza lavoro e dei costi per l'acquisto di energia elettrica, secondo le stime realizzate nei sottocapitoli precedenti (364108 €), a cui si sommano i costi relativi al consumo di energia elettrica prodotta dal BF ((90+40)kWh/h\*8000h\*0,050214€/kWh). Il costo unitario dell'energia elettrica prodotta dal BF è stato calcolato considerando i soli costi operativi del BF a meno della forza lavoro (costo unitario senza ammortamento: 0,050214 €/kWh, costo unitario con ammortamento: 0,11709 €/kWh)

<sup>13</sup> È il costo operativo della discarica a meno della forza lavoro e dei costi per l'acquisto di energia elettrica, secondo le stime realizzate nei sottocapitoli precedenti (320600 €), a cui si somma il costo relativo al consumo di energia elettrica prodotta dal BF (70kWh/h\*8000h\*0,050214€/kWh).

smaltita in discarica (circa il 14%). Per quanto riguarda i ricavi, invece, si considerano i flussi economici in ingresso relativi alla vendita del materiale riciclabile selezionato. Si deve tener conto anche dei ricavi, o meglio mancati costi, derivanti dall'autoproduzione di energia elettrica. Sulla base di questi valori è possibile determinare un costo da attribuire allo smaltimento di 1 ton di rifiuti presso il Waste Compound, che andrà a rappresentare il costo del servizio che il Comune dovrà pagare. Tale stima è realizzata, sia nel caso in cui si vogliano escludere i costi d'investimento, sia nel caso in cui, tra i costi d'esercizio da riversare sul costo del servizio, rientrino anche gli ammortamenti.

La Tabella 2.20 riassume questi ragionamenti in base ai costi stimati per il primo anno di attività del WC, con l'obiettivo di arrivare ad assegnare un costo al servizio di gestione di 1 ton di RSU, nell'ipotesi di gestione unificata.

Ricavi				
Carta				83'790 €/anno
Plastica				140'160 €/anno
Vetro				30'627 €/anno
Metalli				265'950 €/anno
MBFT e BF				
Forza Lavoro				106'488 €/anno
Costi operativi				364'108 €/anno
DISCARICA				
Forza Lavoro	102'312 €/anno			
Costi operativi	320'600 €/anno			
	422'912 €/anno	19,9 €/ton	14%	61'232 €/anno
Profitto		30%		
Costo unitario		7,8 €/ton		
Ammortamenti MBFT e BF				245'244 €/anno
Ammortamenti Discarica	213'316 €/anno	10,1 €/ton	14%	31'078 €/anno
Profitto		30%		
Costo unitario		24,2 €/ton		

Tabella 2. 20: Stima del costo di smaltimento di 1 ton di RSU presso il WC, in ipotesi di GESTIONE UNICA

È stata anche realizzata una valutazione finanziaria del progetto di costruzione del Waste Compound, andando a stimare i flussi di cassa relativi a 15 anni di attività e calcolando il Valore Attuale Netto e il Tempo di Recupero dell'investimento.

Il VAN (Valore Attuale Netto) rappresenta la somma dei valori attualizzati di tutti i flussi di cassa derivanti da un certo investimento (o dalla realizzazione di un determinato progetto) a meno del costo dell'investimento stesso. L'attualizzazione tiene conto dell'istante temporale in cui si presenteranno i flussi di cassa, ovvero del principio finanziario secondo cui "un euro oggi vale più di un euro domani". I flussi di cassa futuri sono dunque scontati attraverso un

tasso di attualizzazione. Il tasso di attualizzazione è anche detto costo-opportunità del capitale e rappresenta il rendimento offerto da investimenti alternativi e confrontabili. Esso è uno standard di redditività che si utilizza per calcolare il valore del progetto stesso e viene determinato attraverso i mercati finanziari.

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1 + \alpha} + \frac{C_2}{(1 + \alpha)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1 + \alpha)^T}$$

**$C_0$  investimento iniziale (di segno negativo)**

**$C_1, C_2 \dots C_T$  flussi di cassa attesi durante gli esercizi 1, 2...T**

**$\alpha$  tasso di attualizzazione**

La regola del VAN imporrebbe di: “accettare investimenti con  $VAN > 0$  e rifiutare investimenti con  $VAN < 0$ ”. Siccome, però, il progetto del Waste Compound di Baalbek è interamente finanziato dall’Unione Europea attraverso un “grant”, un prestito a fondo perduto, non è necessario che il VAN sia positivo per rendere il progetto conveniente alla/e società gestore/i. È sufficiente avere un VA (Valore Attuale) positivo, ovvero positiva la somma dei flussi di cassa futuri derivanti dal progetto attualizzati. In tal caso, nel confronto tra due ipotesi di progetto, o di gestione dello stesso progetto, un VA maggiore indicherebbe un beneficio economico maggiore per la società, indirizzando quindi verso la soluzione finanziariamente più vantaggiosa.

L’altro indicatore finanziario utilizzato in questo studio è il Tempo di Recupero. Il **Tempo di Recupero** (o Payback Period) rappresenta il numero di periodi (esercizi) necessari affinché i flussi di cassa cumulati (derivanti dal progetto) eguagliano l’investimento iniziale. Questo indicatore ha due limiti principali: non considera i flussi conseguiti nei periodi successivi al tempo di recupero e non considera il valore finanziario del tempo, ovvero non fornisce indicazioni sulla collocazione temporale dei flussi (i flussi non vengono attualizzati).

$$C_1 + C_2 + \dots + C_{TR} = C_0$$

**$C_0$  investimento iniziale**

**TR tempo di recupero**

In realtà il ricorso al TR nell’analisi finanziaria del progetto del WC può apparire una scelta immotivata proprio in base alle considerazioni fatte sui finanziamenti a fondo perduto. L’investimento effettuato per la realizzazione del WC, infatti, non deve essere restituito alla Comunità Europea entro il periodo di vita del progetto. Il calcolo di questo indicatore consente, però, di mettersi nella panni di una società privata che voglia investire in un progetto simile di gestione dei rifiuti in Libano. Si considera quindi il caso in cui tali progetti non siano finanziati mediante aiuti internazionali o governativi. La vita dell’intero sistema si prevede possa oscillare da un minimo di 10 anni ad un massimo di 15. Oltre i 10 anni, in un’ipotesi pessimistica, la discarica richiederebbe un’estensione della capacità e sarebbe necessario dunque provvedere alla costruzione di una terza cella, realizzando un ulteriore

investimento. I flussi di cassa stimati tengono conto di questa ipotesi sull'incremento della capacità della discarica: al termine del decimo anni viene costruita una terza cella mediante un investimento pari alla media degli investimenti realizzati per la costruzione delle prime due. Vengono ipotizzati costi relativi esclusivamente alle attività di scavo, costruzione ed isolamento della terza cella (che in Tabella 2.16 sono indicati col nome "Costruzione delle celle", "Sistema di raccolta e trasferimento del percolato", "Sistema di gestione dell'acqua piovana" e "Sistema di gestione del gas"), mentre le restanti attrezzature e macchinari della Discarica si ipotizza restino gli stessi.

In base a tutte le considerazioni fatte finora, è stata svolta un'analisi finanziaria che tiene conto della mancanza di molte informazioni di dettaglio e che si basa sulle seguenti ipotesi:

- Analisi dei flussi monetari per 15 anni di attività. Si assume un'ipotesi pessimistica di funzionamento della Discarica per 10 anni, oltre i quali è necessario un ulteriore investimento per prolungare la vita del WC di altri 5 anni.
- Si considerano nulle le variazioni delle immobilizzazioni (materiali e immateriali) durante gli esercizi (ad eccezione dell'investimento per la costruzione della terza cella della Discarica).
- Si considerano nulle le variazioni del Capitale Circolante Netto (CCN) durante gli esercizi.
- L'aliquota delle imposte sul reddito operativo delle società è del 15% [fonte: Investment Development Authority of Lebanon (IDAL), TAXATION SCHEMES IN LEBANON].
- In base alle ipotesi precedenti, il flusso di cassa, per ogni anno di gestione considerato, viene semplificato usando la differenza tra ricavi e costi operativi, sottraendo gli ammortamenti per ottenere il reddito operativo e calcolando su di questo le imposte. Una volta sottratta l'aliquota delle imposte, gli ammortamenti vengono risommati poiché non costituiscono flussi di cassa reali. I costi vengono suddivisi in costi fissi (costi del personale), costanti durante i 15 anni di attività, e costi variabili, che crescono al crescere delle quantità di RSU trattate dagli impianti. I costi considerati sono tutti i costi d'esercizio sia del MBTF, e del BF a monte, sia della Discarica. I ricavi rappresentano invece la somma dei ricavi stimati per la vendita dei materiali riciclabili e dei ricavi per l'erogazione del servizio di smaltimento dei rifiuti. Quest'ultimi comprendono una parte relativa al trattamento di 21'900 ton di RSU (per il primo anno di attività) presso il TMB (di cui solo 3'077 ton sono poi dirette in discarica) e una parte relativa a 18'136 (21'213-3'077) ton di RSU direttamente smaltite in discarica. Per calcolare i flussi in ingresso, relativi all'erogazione del servizio di smaltimento (presso il TMB o in discarica) e alla vendita di energia elettrica, si è scelto di utilizzare come costo unitario quello precedentemente stimato considerando anche gli ammortamenti, in tutte le ipotesi di gestione analizzate.

- Si suppone che per i primi 10 anni di attività il tasso di produzione dei RSU di Baalbek sia, ogni anno, del 6,5% maggiore rispetto all'anno precedente (GEOflint, 2011). Di conseguenza ricavi e costi variabili crescono proporzionalmente secondo tale tasso. Oltre i 10 anni si assume che la quantità di RSU da trattare annualmente, e di conseguenza ricavi e costi variabili, rimanga costante e pari al valore del decimo anno.
- Si considera un valore del *costo-opportunità del capitale* ( $\alpha$ ) del progetto pari al 14,68%. Tale valore, in linea teorica, dovrebbe essere stimato considerando il tasso di rendimento di un'attività ugualmente rischiosa. Per determinarlo si è cercato il rendimento medio di un'azienda libanese rappresentativa del settore della gestione dei rifiuti. Poiché presso la borsa di Beirut (*Beirut Stock Exchange*, <http://www.bse.com.lb/>) non esiste alcun titolo quotato in quel settore, si è considerato uno dei pochi titoli non bancari, appartenente ad un'azienda che opera nel settore della produzione del cemento (titolo di borsa: Ciment Blancs Nominal).

Si è deciso di approssimare il costo opportunità del capitale con il rendimento medio annuo di quel titolo (ovvero di un suo indice rappresentativo).

In relazione alla durata dell'investimento esiste una regola del pollice per cui la serie storica di riferimento dovrebbe avere una lunghezza pari alla durata ipotizzata del progetto. In particolare, ponendosi in un'ipotesi cautelativa e supponendo che il progetto abbia durata decennale (nel caso non venisse realizzato un ulteriore investimento) si è misurato il rendimento medio annuo osservato negli ultimi 10 anni.

La serie storica dei prezzi degli indici della borsa di Beirut è disponibile sul sito della Borsa libanese, dove sono stati raccolti i report che registrano l'andamento dei titoli dal 2003 al 2013. Una volta raccolta la serie - la cui profondità, come già detto, dipende dalla durata ipotizzata dell'investimento - si è stimato il rendimento medio annuo (come media dei rendimenti mensili).

Il rendimento mensile è stato calcolato, come segue:

$$i_m = \frac{p_m - p_{m-1}}{p_{m-1}} * 100 \%$$

Dove  $i_m$  è il tasso di rendimento al mese  $m$ ,  $p_m$  è il prezzo del titolo a fine mese  $m$  e  $p_{m-1}$  è il prezzo del titolo a fine mese  $m-1$ .

Il rendimento medio annuo si può stimare, partendo dal rendimento medio mensile (relativo ai 10 anni), tramite la *formula dei tassi equivalenti*, ovvero:

$$i_a = (i_m + 1)^{12} - 1$$

Dove  $i_a$  rappresenta il rendimento medio annuo, stimato sulla base della proiezione del rendimento mensile. Inoltre i progetti di questo tipo ipotizzano generalmente cash flow in valuta locale, di conseguenza si dovrebbe tenere conto anche del rischio cambio, se gli indici di borsa a cui si fa riferimento (ad esempio quelli della borsa libanese) sono denominati in dollari. Per questo si dovrebbe aggiungere al

rendimento medio annuo dell'indice di borsa, stimato come sopra, il differenziale di rendimento tra i titoli di stato del Paese analizzato, in valuta locale, e i titoli di stato USA, in dollari. Questo passaggio nel caso di un progetto realizzato in Libano non è necessario poiché il tasso di cambio tra il dollaro e la lira libanese è un valore costante (pari a 1`507,5).

Poiché i flussi di cassa stimati sono però riportati in euro, è necessario considerare il rischio cambio tra euro e dollaro. Per poter fare ciò, sono stati ricavati sul sito della Banca D'Italia (<http://www.bancaditalia.it/>) tutti i tassi di cambio alla data, relativi ad ogni fine mese di tutti i mesi tra il 2003 e il 2013. Il prezzo del titolo per ogni mese è stato convertito in euro e sono stati nuovamente calcolati gli indici di rendimento mensili e l'indice di rendimento medio annuo (entrambi in euro).

I risultati sono riassunti nella seguente tabella, mentre tutti i passaggi sopra descritti sono riportati in APPENDICE 7.

TASSO DI RENDIMENTO MEDIO ANNUO (IN DOLLARI)	TASSO DI RENDIMENTO MEDIO ANNUO (IN EURO)
16,01%	14,68%

La seguente tabella mostra i risultati dell'analisi finanziaria del progetto, sulla base delle ipotesi sopra citate, nel caso di gestione unificata.

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RSU trattati nel WC (ton/anno)	21900	23324	24840	26454	28174	30005	31955	34032	36244	38600	38600	38600	38600	38600	38600
Ricavi	1600097	1704103	1814870	1932837	2058471	2192272	2334769	2486529	2648154	2820284	2820109	2820109	2820109	2820109	2820109
Costi fissi	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800	208800
Costi variabili	690067	734921	782691	833566	887747	945451	1006905	1072354	1142057	1216291	1216291	1216291	1216291	1216291	1216291
Ammortamenti	458560	458560	458560	458560	458560	458560	448325	425680	421330	421330	269754	269754	269754	262254	257072
Reddito Operativo	242671	301823	364819	431911	503364	579461	670739	779695	875967	973863	1125264	1125264	1125264	1132764	1137946
Imposte sul reddito	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Ammortamenti	458560	458560	458560	458560	458560	458560	448325	425680	421330	421330	269754	269754	269754	262254	257072
Invest.											807577				
Flussi di cassa (€/anno)	664830	715109	768656	825684	886419	951101	1018453	1088421	1165901	1249113	418651	1226228	1226228	1225103	1224326
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	-1'517'697,54 €														
VA	5'260'410,46 €				Tempo di Recupero		8 anni								

Lo stesso tipo di analisi, prima economica e poi finanziaria, viene proposta nel caso di gestione differenziata dei tre impianti. In particolare, in questo caso, per assegnare un costo unitario al trattamento di 1 ton di rifiuti presso il WC, si ipotizza che la gestione dei tre impianti debba fruttare ad ognuna delle tre società coinvolte un profitto del 30%. Anche in questo caso l'analisi economica è svolta sia trascurando gli ammortamenti degli investimenti realizzati, sia tenendoli in considerazione.

Non potendo trascurare, in tal caso, i flussi economici che verrebbero scambiati tra le tre società si è proceduto con un ragionamento inverso: si è calcolato, in primis, il costo unitario con cui il BF dovrebbe vendere l'energia prodotta agli altri due impianti, garantendo il profitto desiderato. Subito dopo, si è individuato il costo di smaltimento dei rifiuti in discarica (corrispondente al prezzo del servizio di smaltimento del resto di cernita che la società gestore del MBTF dovrebbe pagare) ed, infine, è stato stimato il costo del servizio per 1 ton di RSU in ingresso al MBTF. Tale costo è quello che il Comune dovrebbe elargire alla società gestore del MBTF col fine di garantire un profitto almeno del 30% (considerando tra i ricavi anche quelli derivanti dalla vendita del materiale riciclabile). Per poter allocare sul costo complessivo del trattamento rifiuti tutti i costi operativi relativi alla produzione di energia elettrica mediante l'impianto di cogenerazione (in esercizio per 8000 h/anno con una produzione di 203,5 kWh/h), è necessario considerare i consumi elettrici per 8000 h/anno, anziché per 5400 h/anno.

La Tabella 2.21 sintetizza questo ragionamento, svolto per il primo anno di attività dei tre impianti, che consente di definire un costo unitario per tonnellata di RSU gestita nel WC.

IMPIANTO PRODUZIONE BIOGAS	1'628'000 kWh/anno		
Totale energia annua venduta	1'308'000 kWh/anno		
Costi operativi annui	81'748 €/anno		
Forza lavoro	31'200 €/anno		
Costi totali	112'948 €/anno		
Profitto	30%		
<b>Costo unitario</b>	<b>0,1123 €/kWh</b>		
Ammortamento BF	108'882 €/anno		
Profitto	30%		
<b>Costo unitario</b>	<b>0,2205 €/kWh</b>		
DISCARICA	21'213 ton /anno		
Costi operativi annui a meno della spesa energetica	320'600 €/anno		
Costi per l'energia (supponendo un consumo energetico di 70kWh/h acquistati dal BF)	62'864 €/anno	Costo dell'energia comprensivo dell'ammortamento del BF	123'465 €/anno
Forza lavoro	60'000 €/anno		

Costi totali	443'468 €/anno	Con ammortamento del BF	504'069 €/anno
Profitto	30%		
Costo unitario	27,2 €/ton		
Ammortamento DISCARICA	213'316 €/anno		
Profitto	30%		
Costo unitario	44,0 €/ton		
IMPIANTO TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO	21'900 ton/anno		
Costi operativi annui a meno della spesa energetica e smaltimento del resto di cernita in discarica (472140-175200-14580 €)	282'360 €/anno		
Costi per l'energia	80'825 €/anno	Costo dell'energia comprensivo dell'ammortamento del BF	158'741 €/anno
Forza lavoro	175'200 €/anno		
Costo smaltimento resto di cernita	83'624 €/anno	Costo smaltimento resto di cernita comprensivo dell'ammortamento della discarica	135'276 €/anno
Costi totali	622'009 €/anno	Con ammortamento BF e discarica	751'577 €/anno
Ricavi			
Carta	83'790 €/anno		
Plastica	140'160 €/anno		
Vetro	30'627 €/anno		
Metalli	265'950 €/anno		
Profitto	30%		
Costo unitario di trattamento di 1 ton di RSU presso il WC	13,2 €/ton		
Ammortamento MBTF	136'362 €/anno		
Profitto	30%		
Costo unitario di trattamento di 1 ton di RSU presso il WC	29,0 €/ton		

Tabella 2. 21: Stima del costo di smaltimento di 1 ton di RSU presso il WC, in ipotesi di GESTIONE DIFFERENZIATA

Dopo l'analisi economica, anche in questo caso si è realizzata una valutazione finanziaria del progetto. Sono stati calcolati gli stessi indici finanziari del caso precedente, sotto le medesime ipotesi. L'obiettivo principale è quello di garantire un confronto tra le modalità di gestione alternative.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dell'analisi finanziaria, relativi alla gestione dei tre diversi impianti, nel caso di gestione differenziata e secondo le ipotesi sopra citate.

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Energia elettrica prodotta dal BF (kWh/anno)	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000	1628000
Ricavi	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379	288379
Costi fissi	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200	31200
Costi variabili	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748	81748
Ammortamenti	108882	108882	108882	108882	108882	108882	98647	78177	78177	78177	33796	269754	269754	262254	257072
Reddito Operativo	66549	66549	66549	66549	66549	66549	76784	97254	97254	97254	141635	33796	33796	26296	20863
Imposte sul reddito	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Ammortamenti	108882	108882	108882	108882	108882	108882	98647	78177	78177	78177	33796	269754	269754	262254	257072
Invest.															
Flussi di cassa (€/anno)	165448	165448	165448	165448	165448	165448	163913	160843	160843	160843	154185	298480	298480	284605	274805
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	55'128,94 €														
VA	1'055'128,94 €					Tempo di Recupero			7 anni						

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quantità di RSU smaltiti in Discarica (ton/anno)	21213	22592	24060	25624	27290	29064	30953	32965	35107	37389	37389	37389	37389	37389	37389
Ricavi	932600	993219	1057779	1126534	1199759	1277743	1360797	1449248	1543450	1643774	1656043	1656043	1656043	1656043	1656043
Costi fissi	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Costi variabili	444069	472933	503674	536413	571280	608413	647960	690077	734932	782703	782703	782703	782703	782703	782703
Ammortamenti	213316	213316	213316	213316	213316	213316	213316	211141	206791	206791	159651	159651	159651	152151	146969
Reddito Operativo	215215	246970	280789	316805	355163	396014	439521	488030	541727	594280	653689	653689	653689	661189	666371
Imposte sul reddito	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Ammortamenti	213316	213316	213316	213316	213316	213316	213316	211141	206791	206791	159651	159651	159651	213316	213316
Invest.											807577				
Flussi di cassa (€/anno)	396249	423241	451986	482601	515205	549928	586909	625967	667259	711929	-92290	715287	715287	714162	713385
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	-865'724,94 €														
VA	2'991'908,06 €					Tempo di Recupero					8 anni				

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quantità di rifiuti trattata dal MBTF (ton/anno)	21900	23324	24840	26454	28174	30005	31955	34032	36244	38600	38600	38600	38600	38600	38600
Ricavi	1154320	1229351	1309259	1394361	1484994	1581519	1684317	1793798	1910395	2034571	2034571	2034571	2034571	2034571	2034571
Costi fissi	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200
Costi variabili	576377	613841	653741	696234	741489	789686	841016	895682	953901	1015904	1015904	1015904	1015904	1015904	1015904
Ammortamenti	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	76307	76307	76307	68807	60202
Reddito Operativo	266382	303948	343956	386565	431943	480271	531740	586555	644932	707104	767159	767159	767159	774659	783264
Imposte sul reddito	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Ammortamenti	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	136362	76307	76307	76307	68807	60202
Invest.															
Flussi di cassa (€/anno)	362786	394718	428725	464942	503514	544592	588341	634933	684554	737401	728392	728392	728392	727267	725977
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	891'925,89 €														
VA	3'112'400,89 €				Tempo di Recupero			6 anni							

La soluzione gestionale individuata come ipotesi differenziata è, in realtà, un'ipotesi poco realistica poiché l'impianto di Trattamento Meccanico Biologico e l'impianto per la Produzione del Biogas, difficilmente potrebbero essere gestiti da società diverse, in quanto fortemente interconnessi nella loro attività operativa.

In base alle considerazioni sopra riportate, le due ipotesi di gestione alternative più realistiche risultano l'ipotesi di gestione unica e l'ipotesi di gestione semi-differenziata. Il procedimento seguito, nell'analisi di quest'ultima ipotesi di gestione, per la definizione di un costo unitario di trattamento dei RSU è lo stesso ragionamento a ritroso descritto precedentemente e riassunto in Tabella 2.22.

DISCARICA	21'213 ton /anno		
Costi operativi annui a meno della spesa energetica	320'600 €/anno		
Costi per l'energia (supponendo un consumo energetico di 70kWh/h acquistati dal BF)	28'120 <sup>14</sup> €/anno	Costo dell'energia comprensivo dell'ammortamento del BF	65'573 €/anno
Forza lavoro	60'000 €/anno		
Costi totali	408'724 €/anno	Con ammortamento del BF	446'177 €/anno
Profitto	30%		
<b>Costo unitario</b>	<b>25,1 €/ton</b>		
Ammortamento DISCARICA	213'316 €/anno		
Profitto	30%		
<b>Costo unitario</b>	<b>40,4 €/ton</b>		
IMPIANTO TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO E IMPIANTO DI BIOGAS	21'900 ton/anno		
Costi operativi annui a meno della spesa energetica e smaltimento del resto di cernita in discarica	282'360 €/anno		
Forza lavoro	175'200 €/anno		
Costi energetici del MBTF e BF	52'222 €/anno	Costi energetici del MBTF e BF comprensivi dell'ammortamento del BF	121'778 €/anno
Costo smaltimento resto di cernita	77'072 €/anno	Costo smaltimento resto di cernita comprensivo dell'ammortamento della discarica	124'359 €/anno

<sup>14</sup> Il costo unitario dell'energia elettrica prodotta dal BF è stato calcolato considerando i soli costi operativi del BF a meno della forza lavoro (costo unitario senza ammortamento: 0,050214 €/kWh, costo unitario con ammortamento: 0,11709 €/kWh)

Costi totali	586'855 €/anno	Con ammortamento BF e discarica	703'698 €/anno
<b>Ricavi</b>			
Carta			83'790 €/anno
Plastica			140'160 €/anno
Vetro			30'627 €/anno
Metalli			265'950 €/anno
Profitto		30%	
Costo unitario di trattamento di 1 ton di RSU presso il WC		11,1 €/ton	
<b>Ammortamento MBTF</b>			
			136'362 €/anno
Profitto		30%	
Costo unitario di trattamento di 1 ton di RSU presso il WC		26,1 €/ton	

Tabella 2. 22: Stima del costo di smaltimento di 1 ton di RSU presso il WC, in ipotesi di GESTIONE SEMI-DIFFERENZIATA

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dell'analisi finanziaria nel caso di gestione semi-differenziata, relativi alla gestione della Discarica e a quella congiunta del BF e del MBTF.

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quantità di RSU smaltiti in Discarica (ton/anno)	21213	22592	24060	25624	27290	29064	30953	32965	35107	37389	37389	37389	37389	37389	37389
Ricavi	857341	913068	972417	1035625	1102940	1174631	1250982	1332296	1418895	1511124	1511124	1511124	1511124	1511124	1511124
Costi fissi	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Costi variab.	386177	411278	438011	466482	496804	529096	563487	600114	639121	680664	680664	680664	680664	680664	680664
Ammortamenti	213316	213316	213316	213316	213316	213316	213316	211141	206791	206791	159651	159651	159651	152151	146969
Reddito Operativo	197848	228474	261090	295826	332820	372219	414179	461041	512983	563669	610809	610809	610809	618309	623491
Imposte sul reddito	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Ammortamenti	213316	213316	213316	213316	213316	213316	213316	211141	206791	206791	159651	159651	159651	152151	146969
Invest.											807577				
Flussi di cassa (€/anno)	381487	407519	435242	464768	496213	529703	565368	603026	642827	685909	-128738	678838	678838	677713	676936
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	-991'382,38 €														
VA	2'866'250,62 €				Tempo di Recupero			8 anni							

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Quantità di rifiuti trattata dal MBTF e BF (ton/anno)	21900	23324	24840	26454	28174	30005	31955	34032	36244	38600	38600	38600	38600	38600	38600
Ricavi	1282707	1353692	1429291	1509804	1595551	1686871	1784126	1887704	1998013	2115493	2115493	2115493	2115493	2115493	2115493
Costi fissi	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200
Costi variab.	610246	649912	692156	737146	785061	836089	890435	948314	1009954	1075601	1075601	1075601	1075601	1075601	1075601
Ammortamenti	245244	245244	245244	245244	245244	245244	235009	214539	214539	214539	110103	110103	110103	95103	81065
Reddito Operativo	252018	283337	316692	352215	390047	430337	483482	549651	598321	650154	754590	754590	754590	769590	783627
Imposte sul reddito	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Ammortamenti	245244	245244	245244	245244	245244	245244	235009	214539	214539	214539	110103	110103	110103	95103	81065
Invest.															
Flussi di cassa (€/anno)	459459	486080	514432	544626	576783	611031	645969	681742	723111	767169	751504	751504	751504	749254	747148
$\alpha$ (%)	14,68%														
VAN	290'707,09 €														
VA	3'511'182,09 €				Tempo di Recupero			7 anni							

## 3 VALUTAZIONI SUGLI IMPATTI AMBIENTALI

Il concetto di “appropriatezza” di una tecnologia, come già detto nell’introduzione, non può prescindere da considerazioni di natura sociale ed ecologiche. Ad oggi gli aspetti di compatibilità umana ed ambientale sono altrettanto importanti, così come lo sono quelli economici. A maggior ragione questo discorso è vero, se il prodotto, o meglio il servizio, che si va a considerare è un servizio “al cittadino”, che non nasce come un’attività imprenditoriale a fini di lucro, ma come uno sforzo di ricerca della soluzione “più adatta” al soddisfacimento di un bisogno umano. L’adeguatezza di una tecnologia si misura, appunto, in termini di adattamento alle differenze di contesto e di compensazione delle esigenze di natura economica con quelle di natura sociale ed ambientale. Per queste ragioni, dopo le considerazioni di natura economica sulla gestione del Waste Compound (nel Capitolo 2) si è deciso di affrontare, nei seguenti due Capitoli (3 e 4), problemi più legati alle peculiarità ambientali e al contesto culturale, sociale e istituzionale in cui opera il Waste Compound. Si persegue, dunque, in tali capitoli, l’obiettivo di valutare i principali problemi di natura sociale ed ambientale legati al sistema di trattamento dei RSU in Baalbek, per avere una visione più completa e multi-prospettica del livello generale di sostenibilità del sistema, che consenta di proporre una soluzione di gestione che non sia solo quella economicamente più vantaggiosa, ma anche quella più “in armonia con l’uomo e con l’ambiente”.

Per realizzare un’analisi quantitativa delle principali forme d’impatto ambientale derivanti dal progetto si è scelto di realizzare un LCA (Life Cycle Assessment). Pur tenendo conto delle limitazioni derivanti dalla mancanza di molti dati primari, soprattutto relativi al progetto della discarica, e dalle ipotesi fatte, l’LCA risulta comunque la metodologia più completa con cui affrontare la valutazione degli impatti ambientali derivanti dal sistema, poiché permette di considerarne tutte le fasi del ciclo di vita, secondo un approccio “dalla culla alla tomba”.

### 3.1 Life Cycle Assessment

L’LCA è uno strumento oggettivo di valutazione ambientale che consente di analizzare e quantificare le implicazioni ambientali dei prodotti, gruppi di prodotti, impianti o complessi costituiti da più impianti, durante tutte le fasi del ciclo di vita, dall’estrazione delle materie prime, alla produzione o costruzione fino al loro utilizzo, incluso lo smaltimento e il fine vita. Il termine implicazioni ambientali è riferito a tutti i tipi di impatto sull’ambiente, dal consumo di risorse all’emissione di sostanze dannose per l’uomo e per gli ecosistemi.

È un processo che passa attraverso:

- 1) l’identificazione e la quantificazione dell’energia e dei materiali utilizzati e dei rifiuti immessi in ambiente;
- 2) la valutazione degli impatti dovuti sia all’energia e ai materiali utilizzati, sia ai rilasci di emissioni in ambiente;

- 3) l'identificazione e la valutazione delle opportunità che comportano un miglioramento ambientale.

Secondo la definizione del SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), la valutazione comprende l'intero ciclo di vita di un prodotto, processo o attività e include:

- l'estrazione e il trattamento delle materie prime;
- la produzione, il trasporto e la distribuzione;
- l'uso, il riutilizzo, la manutenzione;
- il riciclaggio e l'eliminazione finale.

Inoltre il concetto di valutazione, che sta alla base del metodo, è strettamente connesso a quello di confronto, perciò l'LCA favorisce una comparazione il più possibile completa tra due o più prodotti, gruppi di prodotti, sistemi, metodi o approcci alternativi, volta a rilevare i punti deboli dei prodotti attuali, a promuovere prodotti e processi più ecologici, a confrontare approcci alternativi, a suggerire interventi di miglioramento delle prestazioni ambientali e a dare fondamento alle azioni suggerite.

### **3.2 La metodologia dell'analisi**

Il metodo offre numerose possibilità di utilizzo, tra le quali:

- la valutazione di impatto ambientale di prodotti, gruppi di prodotti, sistemi, metodi o approcci alternativi che hanno la medesima funzione;
- l'identificazione, all'interno del ciclo produttivo o del ciclo di vita del prodotto, dei momenti in cui si registrano gli impatti più significativi, a partire dai quali possono essere indicati i principali percorsi verso possibili miglioramenti, intervenendo sulla scelta dei materiali, delle tecnologie, degli imballaggi, dei processi e delle modalità di gestione di quest'ultimi;
- il sostegno alla progettazione di nuovi prodotti;
- l'indirizzo verso direzioni strategiche di sviluppo, che consentano risparmi, sia per l'azienda, sia per il consumatore;
- la dimostrazione di aver ottenuto un ridotto impatto ambientale ai fini dell'attribuzione del marchio ecologico comunitario (Ecolabel) e conseguenti possibili strategie di marketing;
- l'ottenimento di un risparmio energetico;
- l'indirizzo nella scelta degli investimenti da realizzare in tutti quei processi rivolti a ridurre l'inquinamento;
- l'indirizzo nella scelta delle soluzioni più efficaci e idonee per il trattamento dei rifiuti;
- la base oggettiva di informazioni per l'elaborazione dei regolamenti che riguardano l'ambiente.

Come si può ben capire da questo elenco, la metodologia LCA non è solo un mezzo volto alla salvaguardia dell'ambiente, ma può infatti diventare un importante strumento per il rafforzamento delle dinamiche competitive nonché per la riduzione ed il controllo dei costi.

Nella stesura dell'analisi, però, è necessario individuare il giusto compromesso tra rigore scientifico e semplicità, per cui il tipo di informazione risultante è un indicatore di tipo

semplificato, specialmente per quanto riguarda la valutazione complessiva di impatto ambientale, che è necessario sempre andare a contestualizzare. L'LCA non deve essere considerato infatti un metodo in grado di fornire risultati completi e pienamente esaustivi, poiché fa anche uso di valutazioni di carattere soggettivo, soprattutto laddove si riscontra la mancanza di informazioni rigorose.

Un altro aspetto da considerare sono i costi derivanti dall'analisi: un'analisi più completa ed esaustiva prevede, tendenzialmente, tempi più lunghi e costi maggiori. Anche in questo caso è necessario individuare il giusto compromesso, col fine di ottenere dall'LCA una comprensione adeguata circa l'impatto ambientale di un certo prodotto, purché ciò accada impiegando tempi e costi ragionevoli, mantenendo cioè le caratteristiche di flessibilità ed efficienza di costo dello strumento.

In uno studio LCA i passi da seguire sono sempre gli stessi ma la profondità e l'ampiezza dell'indagine possono variare, anche molto, a seconda dei casi, infatti, lo scopo, i confini ed il livello di dettaglio dell'analisi dipendono dall'oggetto dello studio e dall'uso per il quale è stato predisposto.

In generale, le informazioni ottenute come risultato di uno studio LCA dovrebbero essere usate all'interno di un processo decisionale molto più ampio e completo. Nel confronto tra risultati di differenti studi LCA, è necessario che le assunzioni e il contesto di ciascuno studio siano i medesimi. È anche per questa ragione che tali assunzioni dovrebbero essere esplicitamente dichiarate, garantendo trasparenza nell'analisi.

### **3.3 Normativa di riferimento: la serie ISO 14040**

L'analisi LCA trova il suo primo riferimento legislativo nell'art. 5 del Regolamento CEE 92/880 concernente il sistema comunitario di assegnazione ai prodotti di un'etichetta di qualità ecologica. Per ottenere il marchio Ecolabel è necessario, infatti, valutare il ciclo di vita complessivo del prodotto in esame, in modo tale da indirizzare, successivamente, le scelte relative alle restrizioni da apportare sulle fasi del sistema maggiormente responsabili dei danni ambientali.

Dal 1993 fino ad oggi, il Technical Committee 207 della International Standard Organization (ISO) ha sviluppato una serie di norme relative ai diversi aspetti della gestione ambientale di un'impresa, queste sono state poi adottate dal CEN (Comitato Europeo di Standardizzazione). Le norme internazionali della serie ISO 14000 sono lo strumento attraverso il quale le aziende possono migliorare la gestione ambientale delle proprie attività, dei propri prodotti e dei propri servizi; esse hanno lo scopo di fornire una guida pratica e gli strumenti per l'attuazione e il miglioramento di un sistema di gestione ambientale. Per quanto riguarda gli studi LCA, è evidente che, per poter rendere gli studi confrontabili, la standardizzazione delle procedure è di fondamentale importanza; la serie degli standard ISO 14040 assolve a questa funzione, consentendo agli operatori impegnati nello studio del ciclo di vita di analizzare processi e prodotti in modo affidabile, limitando allo stesso tempo l'impegno economico e di risorse umane.

Il quadro normativo, come precedentemente detto, comprende tutte le norme ISO della serie

---

14040:2001, ossia:

- **ISO 14040:** principi e linee guida;
- **ISO14041:** definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario;
- **ISO 14042:** valutazione dell'impatto del ciclo di vita;
- **ISO 14043:** interpretazione del ciclo di vita;
- **ISO 14047:** esempi di applicazione della ISO 14042;
- **ISO 14048:** format per la documentazione dei dati;
- **ISO 14049:** esempi di applicazione della ISO 14041 alla definizione dello scopo e degli obiettivi e all'analisi dell'inventario.

Le prime quattro norme, nel 2006, subiscono delle modifiche e vengono sostituite dalle ISO della serie 14040:2006, ossia:

- **ISO 14040: 2006:** “*Gestione ambientale-LCA- Principi e quadro di riferimento*” fornisce un quadro generale delle pratiche, delle applicazioni e delle limitazioni dell’LCA;
- **ISO 14044: 2006:** “*Gestione ambientale-LCA- Requisiti e linee guida*” è stata elaborata per la preparazione, la gestione e la revisione critica del ciclo di vita. Fornisce le linee guida per la fase di valutazione dell'impatto, la fase di interpretazione dei risultati e per la valutazione relativa alla natura e alla qualità dei dati raccolti.

Secondo le norme ISO 14040, le fasi dell’LCA sono rispettivamente:

- definizione degli obiettivi (*Goal and scope definition*): per definire gli obiettivi e le finalità dello studio, nonché i confini del sistema che si vuole analizzare e l'unità funzionale a cui riferire i risultati;
- analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory-LCI*): in cui viene fornita una lista dettagliata delle quantità di tutte le materie prime e dell'energia in ingresso al sistema oggetto dell'analisi, nonché degli output in termini di emissioni in aria, acqua, suolo e dei rifiuti prodotti;
- valutazione degli impatti (*Life Cycle Assessment-LCIA*): mirata alla valutazione dell'importanza e del significato dei potenziali impatti ambientali generati dal sistema oggetto dello studio;
- interpretazione dei risultati e miglioramento (*Life Cycle Interpretation*): in cui i risultati ottenuti nelle fasi precedenti sono analizzati alla luce degli obiettivi prefissati al fine di individuare possibili ipotesi di miglioramento e raccomandazioni di carattere ambientale.

### 3.4 Le fasi dell’LCA

#### 3.4.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

È la fase iniziale in cui si definisce l'impostazione di uno studio LCA, si descrive il sistema oggetto dello studio e si determinano le categorie di dati da reperire, le assunzioni ed i limiti. Questa fase è cruciale per il successo dell'analisi, in quanto corrisponde alla pianificazione iniziale del lavoro, infatti, l’elaborazione di uno studio LCA può richiedere un consumo elevato di tempo e di risorse, e tali aspetti devono essere considerati preliminarmente.

In questa fase è necessario definire:

- **Obiettivo dello studio**

Nell'obiettivo dello studio sono presenti le motivazioni che hanno portato ad eseguire lo studio, le applicazioni previste e i destinatari, cioè gli utilizzatori interni o esterni dei risultati ottenuti. È necessario fare in modo che gli obiettivi vengano definiti sempre in relazione alle effettive possibilità di realizzazione delle opzioni di miglioramento.

- **Campo di applicazione dello studio**

Il campo di applicazione deve essere definito al fine di assicurare che l'ampiezza, la profondità e il dettaglio dello studio siano compatibili con l'obiettivo stabilito e idoneo a conseguirlo. Va inoltre individuata l'estensione minima dell'analisi in grado di fornire un'adeguata considerazione degli aspetti sistemici del problema. Nella sua redazione si considerano:

- funzioni del sistema: rappresentano le caratteristiche di performance di un sistema;
- unità funzionale: è l'unità di riferimento per quantificare le funzioni di un sistema, ad essa è associato un flusso di riferimento che rappresenta, infatti, la quantità di prodotto necessaria per soddisfare la funzione dell'unità funzionale. Il flusso di riferimento viene usato per i calcoli dei flussi in uscita e in entrata di materiale ed energia da e verso il sistema.

L'unità funzionale è l'elemento su cui impostare l'analisi ed il confronto tra studi LCA alternativi e il suo scopo principale è quindi quello di fornire un riferimento ai flussi in entrata e in uscita, la sua scelta è arbitraria ma deve essere misurabile e chiaramente esplicitata. Particolare attenzione va posta sui sistemi multi-funzionali, dove accanto ai prodotti principali esistono anche alcuni sottoprodotti, in cui uno dei due svolge una funzione non contemplata dall'unità funzionale;

- confini iniziali del sistema: descrivono il sistema in esame, definendone i processi e le operazioni e individuando gli input e output da prendere in considerazione; è utile la loro rappresentazione attraverso dei diagrammi di flusso, che consentono di delineare i limiti dell'analisi. La scelta dei confini del sistema è un'operazione soggettiva che spesso si basa sulla disponibilità dei dati e/o sulla loro attendibilità e chiarezza.

Definire i confini dell'analisi significa indicare le fasi del ciclo di vita incluse e quelle escluse. Il tipo di approccio può essere: “dalla culla alla tomba”, cioè lo studio comprende tutte le fasi del ciclo di vita; “dalla culla alla culla”, cioè lo studio comprende anche la rivalorizzazione del prodotto a fine vita attraverso il recupero di energia e di materiali, nell'ottica di diminuire progressivamente la quantità di rifiuti da inviare allo smaltimento in discarica; “dalla culla al cancello”, cioè lo studio inizia con l'approvvigionamento delle materie prime e delle fonti di energia e si conclude con l'immissione del prodotto finito sul mercato, escludendo quindi la fase di utilizzo dello stesso; “dal cancello al cancello”, cioè lo studio analizza unicamente la realtà aziendale, quindi comprende tutte le fasi di fabbricazione e assemblaggio del prodotto. Lo studio prevede un approccio iterativo, in cui è sempre possibile modificare le scelte fatte durante le fasi precedenti dell'analisi. È dunque possibile considerare i confini

individuati in questa prima fase dello studio come “confini iniziali” del sistema, che potrebbero essere aggiornati andando avanti.

- Qualità dei dati: la tipologia e la qualità dei dati richiesti per un LCA dipendono dagli obiettivi dello studio; questi, infatti, possono essere raccolti direttamente negli impianti che rientrano nei confini del sistema, oppure possono essere desunti da banche dati o provenire dalla letteratura. Le macrocategorie in cui si suddividono i dati sono: energia, prodotti e materiali ausiliari, emissioni in aria, acqua e suolo e altri parametri ambientali. In pratica, tutte le categorie di dati possono comprendere un misto di dati misurati, calcolati o stimati. I dati possono essere classificati in *dati primari*, cioè tutti quei dati raccolti sul campo, che hanno un miglior grado di specificità ma non sempre un miglior grado di rappresentatività, ciò dipende dagli obiettivi, e in *dati secondari*, cioè quelli che sono stati reperiti da banche dati o da studi precedentemente svolti, oppure dalla letteratura. Normalmente questi dati riguardano la produzione di materiali e/o prodotti utilizzati nei processi considerati, nonché le operazioni di trasporto. Un altro modo di procedere alla classificazione dei dati consiste nel distinguere i *dati specifici*, cioè le informazioni riferite ai processi e/o i materiali effettivamente impiegati e inclusi nei confini del sistema (possono essere sia primari che secondari), dai *dati generici*, cioè le informazioni riferite ai materiali e/o i processi analoghi o sostitutivi di quelli inclusi nei confini del sistema (anche questi possono essere sia primari che secondari).

I requisiti di qualità dei dati sono definiti in funzione degli obiettivi generali dello studio e del relativo campo di applicazione, e sono definiti in base alla copertura temporale (l'età massima dei dati ed il periodo di raccolta minimo), alla copertura geografica (l'area geografica di provenienza delle informazioni) e alla copertura tecnologica (il mix tecnologico da considerare nello studio).

Per assicurare l'attendibilità e la trasparenza dei dati, le norme ISO prevedono il rispetto di requisiti aggiuntivi quali la precisione, la completezza, la coerenza e la riproducibilità.

### **3.4.2 Analisi dell'inventario (Life Cycle Inventory-LCI)**

In questa fase sono individuati e quantificati i flussi in ingresso ed in uscita dal sistema in analisi lungo tutta la sua vita, questa è, quindi, la fase più dispendiosa e delicata in termini di tempo di un LCA, poiché corrisponde alla costruzione della base informativa su cui si innestano le fasi successive.

La Figura 3.1 mostra come viene fatta l'analisi d'inventario: per ogni fase del ciclo di vita si identificano e determinano i consumi di risorse, quali materie prime, acqua ed energia e le relative emissioni in acqua, aria e suolo; al termine la struttura assumerà la forma di un vero e proprio bilancio ambientale.

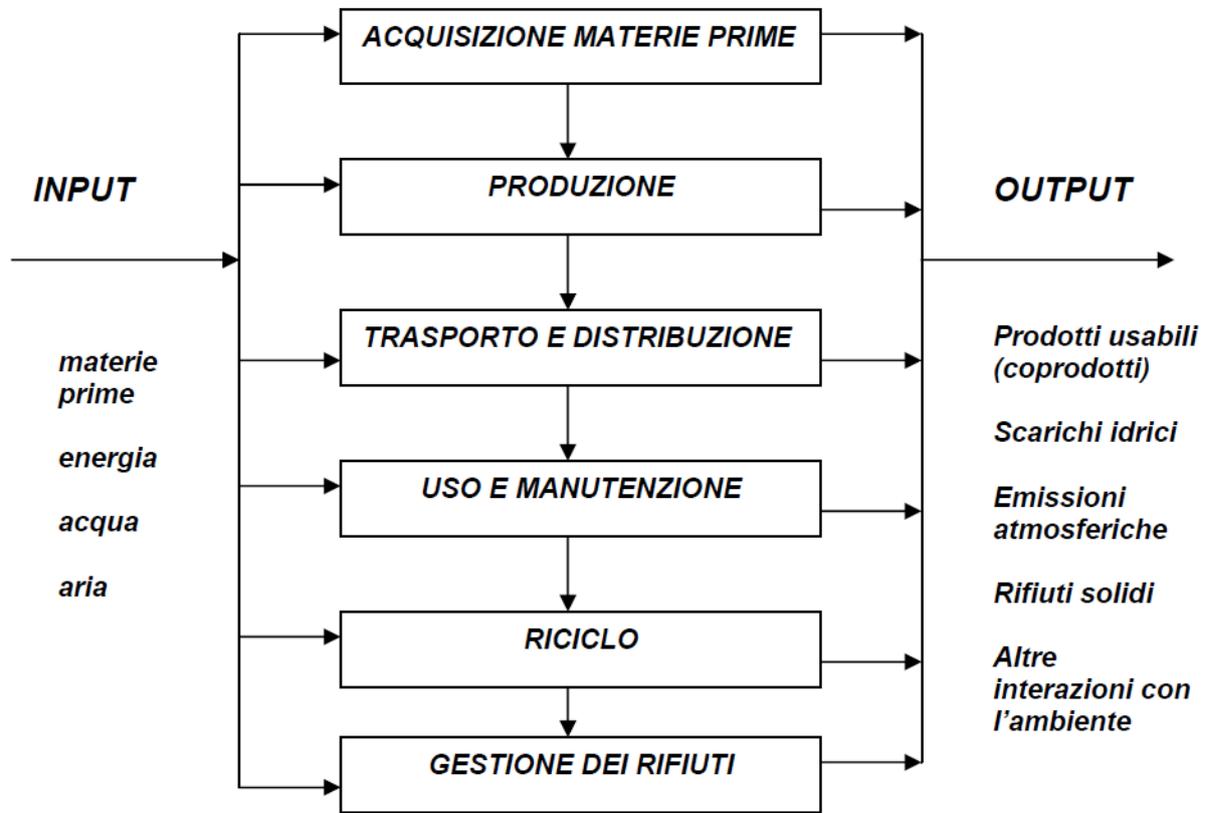


Figura 3. 1: Schema dell'analisi dell'inventario per un LCA

Il procedimento di analisi è iterativo. Dunque, anche in questo caso, man mano che i dati raccolti diventano più approfonditi ed il sistema è meglio conosciuto, è possibile identificare nuovi requisiti e limitazioni, che potranno anche comportare delle modifiche nella stessa procedura di raccolta dei dati, affinché siano ancora soddisfatti però gli obiettivi dello studio.

L'analisi d'inventario può essere suddivisa in quattro moduli:

- **Diagramma di flusso del processo** (Process flow-chart): rappresentazione grafica e qualitativa di tutte le fasi rilevanti e di tutti i processi coinvolti nel ciclo di vita del sistema analizzato. La sua caratteristica fondamentale è quella di dividere un sistema in vari sottosistemi, individuare azioni d'interconnessione (le uscite di un sottosistema a monte sono le entrate di un sottosistema a valle) ed individuare le parti del sistema di maggior rilevanza, in modo tale da evitare di prestare la stessa attenzione a tutte le fasi.
- **Raccolta dei dati** (Data collection): operazione che richiede un elevato impegno in termini di tempo e di risorse, a causa della notevole mole di informazioni, spesso di difficile reperibilità, necessarie a caratterizzare tutte le fasi del processo produttivo. Per valutare la concretezza e coerenza dei dati si può fare un bilancio per ogni processo, tenendo conto che l'ammontare degli input deve essere uguale al rilascio degli output.

Oltre agli impatti relativi al processo è necessario considerare anche quelli relativi all'energia

elettrica importata nel sistema e quelli relativi al sistema di trasporto. In quest'ultimo caso bisogna considerare il fatto che i prodotti possono essere trasportati da mezzi diversi, ciascuno dei quali ha un impatto diverso per unità di prodotto.

- **Definizione delle condizioni al contorno** (System boundaries): in questa fase si definisce il *confine tra il sistema studiato e l'ambiente* e il *confine fra i processi ritenuti rilevanti e quelli irrilevanti*, cioè l'estensione dello studio.
- **Elaborazione dei dati** (Data processing): i dati raccolti vengono correlati a tutte le unità di processo che concorrono alla produzione dell'unità funzionale in studio dove, per ciascuna unità di processo, si determinerà un'appropriata unità di misura per il flusso di riferimento. Successivamente i dati riguardanti l'impatto vengono trasformati e riferiti all'unità funzionale di prodotto, attraverso la definizione di un fattore di contribuzione che esprime il contributo di ciascun processo rispetto alla produzione di un'unità funzionale, espressa attraverso l'unità di misura prescelta. Questo procedimento dovrà essere eseguito per tutte le sostanze presenti in ciascun processo. Un problema che può presentarsi durante questa fase riguarda la ripartizione dei consumi e degli impatti relativi a prodotti differenti generati da uno stesso processo produttivo. È evidente l'importanza della conoscenza nel dettaglio del processo produttivo al fine di poter attribuire ad ogni prodotto ottenuto la quota spettante di materia prima ed energia consumata, quindi i rispettivi impatti in aria, acqua e rifiuti solidi. Quando ciò non risulti possibile, perché ad esempio in uno stesso processo sono lavorate simultaneamente più categorie di prodotti, si procede ad una ripartizione dei consumi e dei relativi impatti attraverso una suddivisione tra coprodotti che può tenere conto dei seguenti criteri (*"criteri di allocazione"*):
  - in base al peso dei diversi prodotti;
  - in base al valore economico di ciascun prodotto;
  - in funzione dell'importanza dei vari prodotti.

Nella stesura dell'inventario, riassumendo, si considerano tutti i flussi tra le varie fasi del sistema in analisi e quelli tra il sistema in analisi e il sistema ambiente. Inoltre, sono trascurabili i materiali e/o i componenti che contribuiscono cumulativamente a meno del'1% in peso del totale (criterio di taglio in base alla massa), a meno che il loro impatto ambientale non sia particolarmente significativo (criterio di rilevanza).

### **3.4.3 La valutazione degli impatti (Life Cycle Impact Assessment-LCIA)**

L'LCIA è una valutazione dei potenziali impatti sulla salute umana e sull'ambiente dovuti all'utilizzo di risorse ambientali e alle emissioni, individuate e calcolate nell'LCI. Il livello di dettaglio, la scelta degli impatti valutati e le metodologie da utilizzare dipendono dall'obiettivo e dal campo di applicazione dello studio. I consumi di materie e di energia così come i composti che formano le emissioni in aria, in acqua e nel suolo vengono aggregati in funzione degli effetti che possono procurare sull'ambiente e in funzione della rilevanza di ciascuno.

L'analisi degli impatti si svolge in cinque step:

- **individuazione delle categorie di impatto;**
- **classificazione;**
- **caratterizzazione;**
- **normalizzazione;**
- **valutazione.**

Di seguito sono descritti più nel dettaglio i quattro momenti dell'analisi.

### **Individuazione delle categorie di impatto**

In questa fase vengono identificate le tipologie d'impatto prodotte dal sistema in esame. Nella loro definizione occorre rispettare essenzialmente tre criteri:

- **completezza:** comprendere tutte le categorie, a breve e a lungo termine, su cui il sistema potrebbe influire;
- **indipendenza:** evitare intersezioni tra le categorie, che comporterebbero conteggi multipli;
- **praticità:** la lista formulata non dovrà spingersi ad un dettaglio elevato, contemplando un numero eccessivo di categorie.

Le tipologie d'impatto maggiormente prese in considerazione sono (Categorie d'impatto proposte dalla SETAC-Europe: Second Working Group on LCIA (WIA -2), International Journal of LCA 4 (3) 167-174 (1999)):

- diminuzione delle risorse (estrazione di risorse abiotiche e biotiche);
- effetto serra;
- distruzione della fascia di ozono;
- acidificazione del suolo;
- formazione di smog fotochimico;
- eutrofizzazione;
- tossicità umana;
- eco-tossicità;
- uso del territorio.

Le categorie di impatto scelte sono rappresentative di particolari aree di interesse ambientale potenzialmente influenzabili dagli input/output del sistema individuati nell'analisi di inventario.

Ciascuna forma di impatto ambientale (appartenente ad una categoria) è caratterizzata da una specifica sfera di influenza sia su scala spaziale che su scala temporale, come mostrato in Tabella 3.1 (anche per questa ragione si provvede ad una loro differenziazione).

<b>Categoria di impatto</b>	<b>Scala spaziale</b>	<b>Scala temporale</b>
Riscaldamento globale	Globale	Decadi/secoli
Assottigliamento della fascia di ozono	Globale	Decadi
Smog fotochimico	Regionale/locale	Ore/giorni

Cancerogenicità per l'uomo	Locale	Ore (acuto)/decadi (cronico)
Acidificazione	Continentale/regionale	Anni
Tossicità acquatica	Regionale	Anni
Tossicità terrestre	Locale	Ore (acuto)/decadi (cronico)
Distruzione degli habitat	Regionale/locale	Anni/decadi
Consumo risorse non rinnovabili	Globale	Decadi/secoli
Eutrofizzazione	Regionale/locale	Anni

Tabella 3. 1: Scala spaziale e temporale delle diverse categorie di impatto

### La classificazione

Questa fase consiste nell'assegnazione dei dati raccolti nell'inventario ad una o più categorie di impatto ambientale, noti gli effetti e i danni potenziali delle emissioni sulla salute umana, sull'ambiente, sull'impoverimento delle risorse, ecc. Alla fine di questa fase, all'interno di ciascuna categoria di impatto, saranno contenuti tutti gli input e output che contribuiscono allo sviluppo dei diversi problemi ambientali. La stessa sostanza o materiale potrebbe appartenere a più categorie d'impatto.

### La caratterizzazione

I risultati dell'inventario, assegnati qualitativamente ad una categoria di impatto, durante la fase di caratterizzazione sono trasformati in effetti ambientali potenziali. In pratica, ciascun contributo assegnato ad una determinata categoria viene moltiplicato per un fattore di caratterizzazione e i risultati sono sommati al fine di ottenere il valore finale dell'indicatore di categoria.

Riassumendo, le tre fasi precedenti stabiliscono che per ciascuna problematica ambientale si identifichi un indicatore di categoria di impatto e il metodo/modello che sarà impiegato per il calcolo dell'indicatore e che riflette il "meccanismo di impatto". Di seguito vengono riportate le sequenze di tali ragionamenti svolte sulle principali categorie d'impatto.

#### *Diminuzione delle risorse*

Quando si considera la categoria "risorse" è necessario fare una distinzione tra quelle intrinsecamente rinnovabili, definite anche risorse flusso, quali aria, acqua, energia solare, energia eolica, ecc., e quelle non rinnovabili, definite anche risorse stock, quali combustibili fossili e minerali, sabbia, ghiaia e risorse del territorio in generale.

È possibile associare ogni operazione o processo alla corrispondente energia primaria estratta dalla terra così come al consumo di materie prime necessarie. L'effetto ambientale di tale operazione o processo deve essere associato ad uno o più indicatori riconducibili al consumo di risorse minerarie ed energetiche. Questo indicatore può essere calcolato come la somma di valori adimensionali, derivanti dal seguente rapporto per ogni risorsa necessaria al processo:

$$D = \text{materia prima utilizzata [Kg]} / \text{produzione annuale di materia [Kg]}$$

In questo caso però non si tiene conto del concetto di limitatezza della risorsa, quindi un approccio più rigoroso consiste nel confrontare il consumo di risorse con il rapporto riserve/produzione, secondo la formula:

$$D = C / R / P$$

dove C indica il consumo della risorsa considerata, R l'ammontare delle sue riserve e P la produzione annuale della risorsa. In realtà D offre una stima della disponibilità delle riserve in maniera compatibile con i livelli attuali di consumo e produzione.

#### *Effetto serra*

Deriva dall'aumento della temperatura atmosferica in seguito all'aumento dei principali gas serra, quali anidride carbonica, vapore acqueo, metano, protossido di azoto, esafluoro di zolfo, idrofluorocarburi e perfluorocarburi, i quali sono in grado di assorbire la radiazione infrarossa emessa dalla terra. Questo fenomeno contribuisce al riscaldamento globale del pianeta ed ai conseguenti cambiamenti climatici.

L'indicatore di categoria è il potenziale di riscaldamento globale **GWP (Global Warming Potential)** e il fattore di caratterizzazione è rappresentato dai Kg di anidride carbonica equivalente. Attraverso i potenziali di riscaldamento globale si convertono le quantità relative ai vari gas serra in unità comuni di **kg di anidride carbonica equivalente**. I GWP sono normalmente calcolati per un periodo di esposizione pari a 100 anni.

#### *Distruzione della fascia di ozono*

L'ozono è il gas che caratterizza la stratosfera ed ha la funzione di schermare la Terra dai raggi ultravioletti del Sole. I cloro-fluoro-carburi (CFC) intaccano le molecole di ozono e col passare del tempo ne hanno assottigliato lo strato, determinando il fenomeno del "buco nell'ozono". Le maggiori conseguenze derivanti dal buco dell'ozono riguardano soprattutto la salute umana, infatti, l'eccessiva esposizione ai raggi ultravioletti aumenta il rischio di cancro alla pelle, di depressione del sistema immunitario e di danni alla vista. Sugli ecosistemi l'assottigliamento dello strato di ozono minaccia l'equilibrio alimentare oceanico e marino, influisce sui raccolti agricoli, aumenta la frequenza di piogge acide e smog ed arreca un rapido degrado a diversi materiali (Effetti elencati dalla United Nations Environment Program). L'assottigliamento della fascia di ozono viene quantificato in termini di **Kg CFC11 equivalenti**. Per standardizzare i valori relativi alle varie sostanze, si utilizza il **potenziale di riduzione dell'ozono (ODP)**, che si basa sul numero di reazioni di rottura della molecola di ozono.

#### *Acidificazione*

Consiste nell'abbassamento del PH di laghi, fiumi, foreste e suoli, che comporta pesanti conseguenze per l'uomo e per l'ambiente naturale. Le emissioni provenienti dalla combustione di combustibili fossili sono le principali responsabili del fenomeno, in particolare quelle ad elevato contenuto di zolfo.

L'acidificazione viene quantificata in **Kg di SO<sub>2</sub> equivalenti**, attraverso il sistema di standardizzazione che considera il **potenziale di acidificazione (AP)**, calcolato prendendo in

considerazione gli ioni potenziali H<sup>+</sup> della sostanza in esame.

#### *Eutrofizzazione*

Consiste in un abbassamento del tenore di ossigeno nei suoli e nelle acque superficiali, dove l'effetto è determinato dalla formazione non controllata di alghe a causa del massiccio apporto di sostanze come fosforo e azoto. Queste sostanze sono presenti soprattutto nei fertilizzanti e negli scarichi urbani.

L'indicatore di riferimento è il **potenziale di eutrofizzazione (NP)**, da cui si ricavano i **Kg di NO<sub>3</sub> equivalenti**. Il BOD o il COD, espressi in Kg di O<sub>2</sub>, rappresentano le unità di misura che quantificano la domanda di ossigeno necessario per raggiungere la purezza naturale.

#### *Formazione dello smog fotochimico*

Si tratta di un effetto ambientale causato dalla presenza di idrocarburi incombusti ed ossidi di azoto all'interno dei fumi di combustione del petrolio e derivati. Essi, reagendo tra loro in presenza della luce solare, producono ozono (livello troposferico), altamente nocivo per l'uomo a causa dell'elevata reattività chimica.

L'indicatore di categoria è l'**etilene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)**, quindi tutti i valori delle varie sostanze sono rapportati ad esso attraverso il **potenziale di formazione dell'ozono fotochimico (POCP)** specifico per ogni sostanza. L'unità di misura è il **Kg di C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> equivalente**.

#### *Ecotossicità e salute umana*

Gli impatti tossicologici relativi sia all'uomo, sia all'ambiente dipendono dalle caratteristiche chimiche delle sostanze e da altri fattori quali la capacità di degradare o di accumularsi. In questo caso, l'area di influenza è di tipo locale, quindi risulta molto complicato quantificare i vari contributi per determinare un effetto complessivo, che consideri qualsiasi organismo o ecosistema.

Sono state proposte diverse metodologie focalizzate sulla valutazione di queste tematiche.

#### *Uso del territorio*

Il degrado del territorio, nel quale sono inclusi anche disturbi di tipo fisico quali il traffico, il rumore e gli odori, rappresenta una categoria d'impatto piuttosto vasta per la quale sono ancora in atto elaborazioni di standardizzazione.

Gli effetti di un inopportuno uso del territorio consistono nel deterioramento del suolo, nella lenta distruzione degli ecosistemi e nell'impatto visivo sul paesaggio.

Tutti gli indicatori precedentemente citati, per la maggior parte, sono gli stessi utilizzati all'interno del metodo **IMPACT 2002+**, presente all'interno del codice di calcolo Sima Pro 8.0.2.

Il risultato della fase di caratterizzazione rappresenta il profilo dell'impatto sull'ambiente apportato dal sistema, costituito da una serie di punteggi associati a ciascuna categoria (detti *indicatori di categoria*). Gli indicatori di categoria sono ottenuti sommando tra loro i singoli contributi di caratterizzazione per ogni sostanza o risorsa precedentemente calcolati.

Solitamente tale serie di punteggi viene rappresentata graficamente attraverso degli istogrammi.

È interessante comprendere quali siano le aree di intervento e protezione in relazione alle principali categorie di impatto, ovvero quali debbano essere gli aspetti su cui concentrarsi nel momento in cui, dai risultati di una valutazione degli impatti ambientali, una certa categoria risulti critica. La Tabella 3.2 rappresenta queste relazioni.

IMPATTI AMBIENTALI	PRINCIPALI AREE DI PROTEZIONE		
	Risorse	Salute umana	Conservazione dell'ambiente
<i>ESAURIMENTO RISORSE</i>			
Biotiche (“viventi”)	++		
Abiotiche (“non viventi”, inclusa l’energia)	++		
<i>INQUINAMENTO</i>			
Effetto serra (GWP)		+	++
Distruzione dell’ozono (ODP)		+	+
Tossicità umana (HT)		+	
Tossicità dell’ambiente (ECT/ECA)		+	++
Ossidanti fotochimici		++	++
Eutrofizzazione (NP)			++
Acidificazione (AP)		+	++
<i>DEGRADAZIONE DEGLI ECOSISTEMI</i>			
Discariche			++

(++ indica un impatto potenziale diretto, + indica un impatto potenziale indiretto)

Tabella 3. 2: Matrice di impatto tra le categorie ambientali e le principali aree di protezione

### La normalizzazione

In questa fase vengono normalizzati i valori ottenuti nella fase di caratterizzazione, in quanto sono divisi per un “valore di riferimento” rappresentato generalmente da dati medi su scala mondiale, europea o regionale, riferiti ad un determinato intervallo di tempo. Con la normalizzazione si può stabilire l'entità dell'impatto ambientale del sistema studiato rispetto a quello prodotto nell'area geografica scelta come riferimento.

Si ottengono, così, degli indici sintetici, grazie ai quali si può comprendere a quale categoria d'impatto il sistema studiato contribuisca maggiormente. Solo con la normalizzazione si inizia a capire quali sono i processi più critici da un punto di vista ambientale del sistema in analisi o si possono iniziare ad eseguire confronti tra prodotti che hanno a monte tecnologie

produttive differenti.

### **La valutazione**

L'obiettivo della fase di valutazione è quello di poter esprimere, attraverso un unico indice finale, l'impatto ambientale associato al prodotto nell'arco del suo ciclo di vita. Gli indicatori di categoria normalizzati vengono perciò moltiplicati per dei "fattori di peso" della valutazione, relativi alle diverse categorie e spesso riportati in guide tecniche che esprimono l'importanza, intesa come criticità, attribuita a ciascun problema ambientale. Sommando gli indicatori di categoria così ottenuti si ottiene un unico valore adimensionale, detto **Ecoindicatore**, che quantifica l'impatto ambientale finale associato al prodotto.

#### ***3.4.4 L'analisi dei risultati (Life Cycle Interpretation-LCI)***

L'analisi dei risultati è la fase conclusiva del LCA, in cui vengono interpretati e valutati i risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti, raggiungendo una percezione complessiva e facilmente comprensibile di tutto lo studio. In questa fase, infatti, sono individuati i fattori ambientali più significativi (al fine di proporre eventuali ipotesi di miglioramento), sono eventualmente svolte analisi di sensibilità e valutazioni sulla coerenza dei risultati ed, infine, viene redatto un rapporto finale.

Si possono, in questa sezione, rappresentare anche scenari diversi da quello considerato e confrontare così i risultati ottenuti. Come tutte le metodologie basate sul confronto, l'analisi del ciclo di vita non propone una soluzione assoluta, ma identifica una serie di alternative tra le quali poi si può scegliere quella ritenuta migliore.

### **3.5 Il software SimaPro 8.0.2**

Nell'ultimo decennio la rapida divulgazione della metodologia LCA è stata accompagnata dallo sviluppo di numerosi strumenti software tali da agevolare l'utente nella costruzione del modello da studiare offrendo fogli di calcolo e visualizzazioni grafiche che, evidenziando i risultati, ne facilitano le interpretazioni e le conclusioni.

Anche se con caratteristiche e livelli di complessità differenti, qualsiasi software LCA ha la principale funzione di supportare l'utente nelle seguenti tre fasi di analisi:

- **Costruzione dell'inventario:** un software LCA ha il vantaggio di offrire una notevole quantità di dati disponibili pertinenti a svariati settori e con ottimi livelli di qualità. Si cerca così di limitare la soggettività nella scelta delle fonti informative.
- **Analisi degli impatti:** la valutazione degli impatti viene effettuata grazie ai differenti modelli di calcolo presenti in questi strumenti. L'utente può scegliere il metodo di valutazione più adeguato al suo studio realizzando anche comparazioni tra i diversi metodi. Inoltre viene data anche la possibilità di considerare soltanto alcune categorie d'impatto oppure solo alcuni specifici stadi del ciclo di vita.
- **Interpretazione dei risultati:** la fase conclusiva viene agevolata grazie al supporto di

svariate modalità di visualizzazione grafica dei risultati; inoltre alcuni software consentono anche analisi di sensibilità, simulazione di scenari alternativi ed elaborazioni statistiche dei risultati.

Tale settore è in continua espansione ed attualmente sono disponibili sul mercato approssimativamente 35-40 software tools per analisi LCA, differenti tra loro in prestazioni e campi di applicazione (Pittalis, 2009).

Per agevolare l'analisi LCA del Waste Compound di Baalbek è stato utilizzato il *software SimaPro 8.0.2*, di cui segue una descrizione dettagliata delle librerie che costituiscono il database e dei metodi di valutazione.

Il software SimaPro, distribuito dalla Pre' Product Ecology Consultants, è uno strumento affidabile con una spiccata potenzialità interattiva, che offre la possibilità di creare, modificare e adattare specifici processi a quelli già esistenti nel database.

Il codice introduce direttamente all'interno dell'inventario (**Inventory**), che racchiude un vastissimo set di processi (sono oltre 2500) disponibili di default, organizzati per classi e sottoclassi, secondo uno schema a cascata che comprende:

- Materials (materiali);
- Energy (energie);
- Transport (trasporti);
- Processing (operazioni);
- Use (impieghi);
- Waste scenario (scenari di rifiuto);
- Waste treatment (trattamento dei rifiuti).

A qualsiasi livello dell'inventario è possibile sia costruire processi propri per realizzare studi specifici sia duplicare un processo esistente ed apportarvi, eventualmente, modifiche puntuali. Il codice consente di generare processi rappresentanti i materiali e le operazioni coinvolte nel ciclo di vita dell'oggetto studiato. Un processo principale, che rappresenta il bilancio complessivo delle fasi di vita del sistema studiato e che normalmente è oggetto di analisi e valutazioni comparative, richiama secondo un andamento a cascata un certo numero di sottoprocessi. L'LCA conclusivo costituisce dunque il risultato di una serie di processi subordinati (già disponibili nel codice o di nuova costruzione), assemblati secondo uno schema ad albero.

Nella schermata iniziale di apertura di un processo, il nome al processo gli viene dato attraverso la voce **Products** e viene definita la sua unità funzionale (Functional unit), che rappresenta quella quantità alla quale faranno riferimento tutti i dati inseriti. Oltre al nome del processo, che rappresenta il prodotto studiato, è possibile inserire anche dei coprodotti (**Coproductions**) la cui unità funzionale dovrà mantenere la proporzione con quella del prodotto principale. I coprodotti che si generano in una fase non vengono recuperati a monte del ciclo produttivo studiato, ma rappresentano parte degli input di altri processi. SimaPro dà la possibilità di allocare a ciascun prodotto e coprodotto il danno relativo che esso causa, o meglio di specificare in quale misura percentuale questo è responsabile del danno: l'allocazione viene di solito operata ricorrendo ad un criterio di peso. Per quanto riguarda gli **Avoided products** (prodotti evitati), questi differiscono dai coprodotti in quanto di norma

---

non compaiono materialmente all'interno del processo: si tratta infatti di oggetti, oppure energie, operazioni, procedure la cui implementazione è evitata da quella del processo che si sta creando.

Vengono poi inseriti i dati relativi agli input del processo, distinti in:

- **Input from natural resources** = materiali e sostanze che vengono prelevate direttamente dagli ecosistemi e che sono recuperabili da un menù di *Substances* "pure" e non possono provenire da elaborazioni di inventario;
- **Input from tecnosphere (materials/fuels)** = materiali complessi e combustibili;
- **Input from tecnosphere (energy/heat)** = consumi energetici finali dove l'impiego di combustibile è implicito.

Vengono inoltre richiamati gli output del processo, distinti in:

- **Emissions to air** = emissioni in atmosfera;
- **Emissions to water** = emissioni in acqua;
- **Emissions to soil** = emissioni nel suolo;
- **Solid wastes** = scarti ed emissioni solide legate alla produzione;
- **Non material emissions** = emissioni immateriali che hanno luogo nel processo, tipicamente radiazioni elettromagnetiche e rumore.

Infine viene considerato il fine vita dei materiali:

- **Waste treatment** = invio in discarica, incenerimento, riciclaggio ecc.

Compilato l'inventario, viene selezionato il metodo di valutazione desiderato tra quelli disponibili e si procede all'analisi. Il software carica i risultati e li restituisce secondo due modalità per i diversi livelli di analisi: in forma tabulare oppure tramite diagrammi a barre. È da sottolineare che i valori positivi (e le barre che nel diagramma si sviluppano verso l'alto) rappresentano l'entità del danno, mentre quelli negativi esprimono un vantaggio, ovvero un danno evitato.

I livelli di analisi riguardano:

- **Characterisation** (caratterizzazione): alloca alle diverse categorie di impatto, attraverso opportuni fattori moltiplicativi, gli effetti esterni dovuti alle sostanze che entrano in gioco a causa dei flussi in entrata e in uscita del processo. I punteggi sono espressi nelle unità di misura proprie delle *impact categories*.
- **Damage assessment** (valutazione del danno): le *impact categories* vengono ricondotte ad un valore d'insieme attraverso l'impiego di fattori moltiplicativi che esprimono il contributo di ciascuna al danno complessivo (per categoria di danno). Diventa a questo punto possibile visualizzare indifferentemente il valore complessivo per *damage category* oppure, in alternativa, il valore per *impact category*. I colori in cui sono ripartite le barre rappresenta il contributo dei diversi sottoprocessi che compongono il processo analizzato.
- **Valuation** (valutazione): il danno legato alle diverse *damage categories* viene ricalcolato ricorrendo a fattori che esprimono, alla luce della prospettiva culturale adottata dal metodo, il contributo di ciascuna alle esternalità positive e negative totali del processo. È possibile evidenziare tali informazioni per *damage category*, per *impact category* oppure per *single score*. In quest'ultima modalità è possibile confrontare, attraverso l'altezza delle barre, i danni dovuti ai diversi processi che costituiscono il sistema, disporsi sull'asse delle ascisse.

Il colore delle barre rappresenta in questo caso il contributo al danno complessivo del sottoprocesso delle categorie di impatto (o di danno).

### **3.5.1 Database**

Le librerie presenti nel database standard di SimaPro sono:

- Ecoinvent.2;
- Japanese Input Output database;
- US Input Output database;
- Danish Input Output database;
- Dutch Input Output database;
- Industry data;
- LCA food database;
- ETH-ESU 96;
- BUWAL 250;
- IDEMAT 2001;
- Franklin US LCI database;
- Data archive;
- IVAM database.

La libreria Ecoinvent raccoglie un elevato numero di processi relativi soprattutto a modelli energetici e di trasporto. I dati contenuti racchiudono tutto il territorio dell'Europa occidentale. La versione utilizzata in questo studio è Ecoinvent.2 (ad eccezione dei processi utilizzati per ricostruire il sistema di produzione e distribuzione dell'energia elettrica di rete del Libano che sono tratti da Ecoinvent.3).

### **3.5.2 Metodi di valutazione**

In linea di massima, anche se esistono differenze tra i vari metodi presenti nel software, la valutazione degli impatti riflette sempre le fasi definite dalle norme ISO 14040 e 14044. Per quanto riguarda la fase di normalizzazione va precisato che tale processo, secondo la norma, prevede di dividere il risultato per un fattore "normale", in SimaPro, invece, si utilizza un fattore moltiplicativo.

Vengono di seguito elencati i metodi di valutazione d'impatto presenti nel software:

- Eco-indicator 99;
- Eco-indicator 95;
- CML 92;
- CML 2 (2000);
- EDIP/UMIP;
- EPS 2000;
- Ecopints 97;
- Impact 2002+;
- TRACI;
- EPD method;

- Cumulative Energy Demand;
- IPCC Greenhouse gas emissions.

Nello studio LCA del Waste Compound di Baalbek è stato utilizzato il metodo **IMPACT 2002+**, modificato dal gruppo di lavoro LCA Working Group di Reggio Emilia, di cui si riporta di seguito una breve descrizione.

Il metodo **IMPACT 2002+**, implementato dallo *Swiss Federal Institute of Technology* di Losanna, è un metodo di valutazione ambientale che offre una soluzione intermedia tra gli approcci delle metodologie *midpoint-oriented* (basate, cioè, sulle categorie di impatto) e *damage-oriented* (orientate, cioè, alla valutazione per categorie di danno), riconducendo i risultati ottenuti dall'analisi d'inventario a quindici categorie d'impatto, a loro volta riconducibili a quattro categorie di danno. Le categorie di danno utilizzate da Impact 2002+ sono: Human Health, Ecosystem quality, Climate change e Resources. Le categorie di impatto sono misurate come unità di emissione equivalente (mid point) e le categorie di danno (esclusa **Climate Change** che è ancora misurata con le quantità di sostanza equivalente) sono misurate come effetti sull'ecosistema, sulla salute dell'uomo e sull'esaurimento delle risorse (end point). L'emissione dei composti del carbonio con effetto serra è considerata solo nel **Global warming** (impact category) e quindi in **Climate change** (damage category), senza tenere conto della CO<sub>2</sub> assorbita e delle emissioni biogeniche.

Le categorie di danno sono suddivise nelle relative categorie di impatto, secondo lo schema riportato nella Tabella 3.3.

Categoria di impatto	Unità di misura	Categoria di danno	Unità di misura
Carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq	Human Health	DALY
Non - carcinogens	kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq		
Respiratory inorganics	kg PM 2.5 eq		
Ionizing radiation	Bq C-14 eq		
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq		
Respiratory organics	kg CH <sub>3</sub> eq		
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	Ecosystem Quality	PDFm <sup>2</sup> yr
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil		
Terrestrial acid/nutri	kg SO <sub>2</sub> eq		
Land occupation	m <sup>2</sup> org.arable		
Aquatic acidification	kg SO <sub>2</sub> eq		
Aquatic eutrophication	kg PO <sub>4</sub> P-lim		
Global warming	kg CO <sub>2</sub> eq	Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq

Non-renewable energy	MJ primary	Resources	MJ primary
Mineral extraction	MJ surplus		

Tabella 3. 3: Categorie di impatto e di danno per gli IMPACT 2002+

Per quanto riguarda le categorie di impatto i fattori di caratterizzazione per le diverse categorie sono basati su un principio di equivalenza, cioè i punteggi assegnati alle diverse sostanze sono espressi in kg equivalenti di una sostanza di riferimento.

Le unità di misura delle categorie di danno, invece, sono definite come segue:

- **Human Health:** il DALY che misura gli anni di vita persi dall'intera comunità europea a causa di 1 kg dell'emissione considerata.
- **Ecosystem Quality:** PDFm<sup>2</sup>yr che misura la percentuale delle specie vegetali europee danneggiate a causa di 1 kg dell'emissione considerata (Potential Disappeared Fraction), moltiplicata per l'area dell'Europa (m<sup>2</sup>) e per il numero di anni di permanenza dell'emissione (yr).
- **Climate Change:** kg CO<sub>2</sub> eq (unità di misura della corrispondente categoria di impatto).
- **Resources:** MJ Surplus che misura l'energia in più necessaria per estrarre 1 kg della risorsa considerata quando la richiesta sarà 5 volte quella del 1990.

Le categorie di impatto vengono caratterizzate (moltiplicate per il fattore di damage assessment) e inserite nelle categorie di danno a cui appartengono (damage assessment). La categoria di impatto così caratterizzata viene normalizzata dividendola per un fattore di normalizzazione che è il danno nella stessa categoria dovuto alle attività umane in Europa in 1 anno e riferito al singolo cittadino europeo. La categoria di danno (e quindi quella di impatto) così normalizzata, viene valutata, cioè moltiplicata per un fattore di valutazione (che vale 1 per tutte le categorie). Il danno totale, somma delle categorie di danno normalizzate e pesate, è espresso in punti (Pt).

### 3.6 Linee guida per l'applicazione dell'LCA ai sistemi di gestione dei rifiuti

#### Obiettivi principali dell'applicazione dell'LCA alla gestione dei rifiuti

Gli obiettivi principali dell'applicazione dell'LCA alla gestione dei rifiuti sono (Neri, L'analisi ambientale della gestione dei rifiuti con il metodo LCA, 2009):

- la valutazione ambientale di un impianto di smaltimento e il suo confronto con altri tipi di impianto;
- la scelta della tipologia di impianto di trattamento che produce il minor danno a parità di condizioni al contorno (quantità e tipologia di rifiuto da trattare, condizioni ambientali preesistenti);
- la valutazione ambientale del tipo di raccolta (stradale o porta a porta);
- la scelta della tipologia di raccolta a minor impatto ambientale a parità di condizioni al contorno;

- la valutazione ambientale e dei costi esterni di un Piano Provinciale di Gestione Rifiuti (PPGR);
- la scelta del PPGR a minor impatto ambientale tra quelli definiti sulla base del numero di abitanti, della densità abitativa, delle discariche, degli inceneritori, degli impianti di trattamento dei rifiuti speciali e pericolosi, degli impianti di compostaggio e di riciclo utilizzabili.

### **La funzione del sistema**

La funzione del sistema da studiare è il trattamento e la trasformazione del rifiuto in emissioni nell'ambiente e in prodotti che vengono generati dal trattamento stesso: energia termica dalla discarica, energia termica ed elettrica dall'inceneritore, energia termica ed elettrica dagli impianti di cogenerazione a completamento della digestione anaerobica e materiale secondario dal riciclo. Tali prodotti spesso non vengono considerati come prodotti evitati ma come coprodotti del cui danno si tiene conto negli LCA che ne considerano il loro uso.

### **Il sistema che deve essere studiato**

Il sistema che deve essere studiato può essere un singolo sistema di smaltimento, una filiera di impianti, come una separazione, una biostabilizzazione e una discarica (è il caso del Waste Compound di Baalbek), oppure un PPGR.

### **I confini del sistema**

I confini del sistema sono la raccolta e il fine vita dei rifiuti, indipendentemente dalla località in cui avviene il trattamento. Si deve infatti attribuire al rifiuto il suo incenerimento, il suo conferimento in discarica, il suo riciclo, il suo compostaggio anche se l'inceneritore, la discarica, l'impianto per il riciclo e l'impianto per il compostaggio sono situati in aree diverse tra loro o da quella in cui il rifiuto è stato raccolto. Si ritiene infatti che il danno dovuto al trattamento di fine vita (escluso quello dovuto alla produzione di un prodotto secondario o di un'energia) e al suo smaltimento debba essere attribuito al rifiuto stesso.

### **L'Unità Funzionale**

L'Unità Funzionale è generalmente la quantità totale di rifiuto trattato in un anno dal sistema considerato. Se il rifiuto è misto l'allocazione dei processi, delle emissioni e delle sostanze è calcolata rispetto alla quantità totale di rifiuto. Se il rifiuto è una componente merceologica l'allocazione dei processi, delle emissioni e delle sostanze è calcolata rispetto alla quantità della componente merceologica di rifiuto trattata.

### **I principali processi da considerare**

Ogni processo può avere un'Unità Funzionale diversa da quella del processo principale: per esempio, sono diverse generalmente le quantità di rifiuto trasportate per ogni tipologia di rifiuto (differenziato, indifferenziato, rifiuto pericoloso, ingombranti, medicinali, vestiti, olio, batterie).

I processi, nell'ambito della gestione dei rifiuti, che è possibile considerare in un LCA sono molteplici, di seguito vengono descritti esclusivamente i processi che saranno presenti nella gestione dei rifiuti di Baalbek con l'avvio dell'attività del Waste Compound.

### **La raccolta**

1. La raccolta consiste nel caricamento del rifiuto presso gli utenti (famiglie e aziende) e nel suo trasporto alle isole ecologiche o ai luoghi di separazione ed, infine, nel suo trasporto ai luoghi di smaltimento (biostabilizzazione, discarica, inceneritore, riciclo, compostaggio).
2. Il Rifiuto Solido Urbano raccolto presso gli utenti può essere di due tipi: indifferenziato o differenziato. Quello raccolto presso le aziende può essere pericoloso o non pericoloso.
3. Le modalità di raccolta possono essere di due tipi: la raccolta stradale o la raccolta "porta a porta".
4. Per definire la raccolta occorre tenere conto del tipo di camion o di automezzo che viene usato, del percorso che esso deve compiere e della distanza tra i cassonetti, le abitazioni e le aziende.
5. Oltre al trasporto si considera anche l'operazione di caricamento del rifiuto.
6. Occorre fare l'LCA di ogni tipo di cassonetto o di recipiente e di esso deve essere considerata la quota parte relativa all'Unità Funzionale del processo considerato.
7. Si deve determinare il numero  $nc$  di cassonetti, il loro volume, il tasso di riempimento, la distanza  $d$  dei cassonetti. Tali parametri sono necessari per calcolare il peso  $p$  raccolto dai cassonetti e la frequenza di raccolta  $fr$ .
8. Per ogni automezzo il trasporto espresso in  $tkm$  è ricavato dall'equazione:  
$$tkm = fr \cdot d \cdot p \cdot nc \cdot (nc - 1) / 2$$
valida nella condizione in cui  $nc \cdot p < P$ , dove  $P$  è la portata massima del camion.
9. I processi di trasporto per la raccolta dei rifiuti e per il loro conferimento nelle isole ecologiche, nelle discariche, negli inceneritori, nelle aziende di riciclo, negli impianti di compostaggio, di separazione e di biostabilizzazione, contengono il consumo di combustibile, le emissioni dovute alla combustione, l'uso dell'automezzo e la sua manutenzione, l'uso della strada percorsa e la sua manutenzione.

### **Processo di separazione e di pre-trattamento dei rifiuti indifferenziati**

I rifiuti indifferenziati possono essere sottoposti ad un processo di separazione tramite vagliatura, in cui si selezionano le parti che non superano i fori del setaccio (sovvallo), a maggiore contenuto energetico, da quelle più umide che superano i fori del setaccio (sottovaglio), a minore contenuto energetico. Il sovvallo da cui vengono ulteriormente separati i metalli, materiali pericolosi o contaminanti e ulteriori materiali riciclabili che possono essere recuperati, viene poi inviato in discarica o all'inceneritore come CDR. Il sottovaglio viene inviato all'impianto di pre-trattamento che riduce in breve tempo il suo contenuto di umidità e di carbonio favorendo la produzione di percolato e di biogas. Il biogas può essere bruciato in torcia e il percolato viene trattato dal depuratore per acque industriali. I fanghi ottenuti dalla depurazione vanno in discarica per rifiuti pericolosi se il codice del percolato è quello dei rifiuti pericolosi, in discarica per rifiuti non pericolosi se il codice del

---

percolato è quello dei rifiuti non pericolosi. Dopo il pre-trattamento di biostabilizzazione il rifiuto viene inviato in un una discarica e spesso utilizzato per la sua copertura giornaliera.

### **Processo di compostaggio**

Il processo di compostaggio ha come Unità Funzionale la quantità di compost prodotto in 1 anno dai rifiuti conferiti al trattamento e comprende i seguenti processi:

1. La costruzione dell'impianto (e il suo land use) di cui viene richiamata la quota parte relativa all'Unità Funzionale.
2. L'energia elettrica per la movimentazione dei rifiuti e la separazione della frazione diretta al riciclo.
3. L'energia termica per il trattamento del rifiuto.
4. Le emissioni in aria, in acqua e suolo.
5. Il conferimento in discarica degli scarti.
6. Il trattamento chimico fisico dell'acqua che si ottiene come percolato.

### **Processo di discarica**

Il processo di discarica ha come Unità Funzionale la quantità di rifiuti conferiti in 1 anno e comprende i seguenti processi:

1. La costruzione dell'impianto (e il suo land use) di cui viene richiamata la quota parte relativa all'Unità Funzionale.
2. Il conferimento, la compattazione e la copertura giornaliera dei rifiuti con pale, escavatori e automezzi ed il loro consumo di carburante.
3. Il trattamento del biogas prodotto durante la vita della discarica. Il biogas è composto principalmente da CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> e da altri gas in percentuali minori. Una parte di biogas finisce direttamente in atmosfera (in una percentuale che può essere anche del 40%). Il biogas captato può essere bruciato in torcia. La combustione trasforma il CH<sub>4</sub> in CO<sub>2</sub>. Ma il biogas captato può anche essere bruciato in un motore per la produzione di energia. L'energia può essere considerata come coprodotto del processo di discarica e l'allocazione può essere su base energetica, oppure l'energia può essere considerato come un prodotto evitato.
4. Il trattamento del percolato prodotto durante la vita della discarica. Il percolato viene trattato in un depuratore per acque industriali i cui fanghi vengono smaltiti in una discarica per rifiuti pericolosi o non pericolosi a seconda della classificazione del percolato. Dopo la depurazione chimico-fisica il percolato viene sottoposto alla depurazione biologica.

La vita della discarica comprende le fasi di costruzione, di riempimento, di chiusura e quella di post chiusura, che dura almeno trenta anni. Si considera dunque che l'effetto del rifiuto in discarica duri dal momento del conferimento al termine del periodo di controllo e manutenzione (30 anni dopo la chiusura).

### **Produzione di energia da biogas**

Il processo di produzione di energia da biogas può avvenire a monte del processo di compostaggio dei rifiuti organici mediante un altro processo di biostabilizzazione, che corrisponde al processo di digestione anaerobica. Se il processo di digestione della frazione

organica dei rifiuti da parte dei microrganismi avviene in condizioni di carenza d'ossigeno, si favorisce la produzione controllata di biogas, che può essere opportunamente drenato e raccolto e infine utilizzato per produrre energia.

Tale energia può essere considerata un coprodotto dell'impianto di digestione anaerobica, insieme alla frazione organica stabilizzata in uscita (digestato) oppure può essere considerata come un prodotto evitato. Questa prospettiva è valida soprattutto se l'impianto per la produzione di biogas viene studiato all'interno di un complesso di più impianti, a monte di un trattamento di compostaggio ad esempio, in cui parte di questa energia viene consumata.

Il processo di digestione anaerobica ha come Unità Funzionale la quantità rifiuti organici conferiti al trattamento e comprende i seguenti processi:

1. La costruzione dell'impianto (e il suo land use) di cui viene richiamata la quota parte relativa all'Unità Funzionale.
2. Materiali necessari per migliorare le prestazioni del processo, utilizzati durante il pretrattamento.
3. Il calore fornito al processo.
4. Il trattamento del percolato prodotto durante il processo, l'eventuale riutilizzo nel sistema di riscaldamento e la gestione della frazione non riutilizzata.
5. Le emissioni in aria, acqua e suolo.
6. La gestione dell'aria in uscita dal processo di trattamento e pretrattamento, attraverso i sistemi di aerazione e controllo odori.
7. L'energia consumata dal sistema di aerazione e di riscaldamento.
8. L'energia elettrica prodotta. Essa costituisce un coprodotto del processo AD, oppure può essere pensata come un prodotto evitato, solo nel caso in cui tale energia venga utilizzata nel ciclo di vita del sistema che si considera.

## **3.7 Applicazione della metodologia LCA al Waste Compound di Baalbek**

### **3.7.1 Obiettivo dello studio e campo di applicazione**

#### *3.7.1.1 Obiettivo*

Il seguente studio LCA è stato effettuato con lo scopo di individuare le principali forme di impatto ambientale derivanti dal trattamento e dallo smaltimento dei RSU del distretto di Baalbek (Libano) nel complesso di impianti, definito Waste Compound e situato nella stessa regione.

#### *3.7.1.2 Campo di applicazione*

##### *3.7.1.2.1 Funzioni del sistema*

La funzione del sistema individuato è un servizio al cittadino, che corrisponde al trattamento e allo smaltimento dei Rifiuti Solidi Urbani (RSU) presso il WC. Più nello specifico, con la dicitura “trattamento e smaltimento dei RSU”, si intende l’insieme dei processi di classificazione e selezione, compostaggio e digestione anaerobica della componente organica ed, infine, lo smaltimento in discarica della frazione definita “resto di cernita”. Altra funzione del sistema corrisponde alla produzione di energia elettrica da biogas mediante un impianto di cogenerazione. Tale energia può essere pensata come un prodotto evitato, poiché riutilizzata dagli stessi impianti che costituiscono il sistema (destinata all’autoconsumo). Inoltre il sistema ha anche in uscita dei flussi di materiale destinati al riciclo.

##### *3.7.1.2.2 Sistema analizzato*

Il rifiuto in ingresso al Waste Compound è un rifiuto indifferenziato, che subisce un iniziale processo di separazione, mediante vagliatura, della frazione organica e successivi processi di selezione dei materiali ferrosi, mediante elettrocalamita, e degli altri materiali riciclabili e contaminanti, mediante separazione manuale. La restante frazione di rifiuti, non recuperata, è inviata in una Discarica Sanitaria, che è parte dello stesso Waste Compound. Il materiale organico è, in parte, mandato ad un impianto pilota per la Produzione di Biogas, da cui si recupera energia elettrica ed una frazione solida stabilizzata, detta digestato e diretta alla biostabilizzazione, mentre la parte restante subisce direttamente un processo di biostabilizzazione aerobico. Il risultato di quest’ultimo processo, il compost che si ottiene, viene riutilizzato nel sistema per realizzare la copertura giornaliera della discarica. L’energia elettrica prodotta dall’Impianto di Biogas viene usata per circa il 20% nello stesso impianto, mentre la restante frazione contribuisce ad alimentare gli altri due impianti, riducendone i consumi energetici.

##### *3.7.1.2.3 Unità Funzionale*

L’Unità Funzionale è la quantità di rifiuti trattata durante il primo anno di attività del Waste Compound (21900 ton/anno).

#### 3.7.1.2.4 Confini del sistema

I confini del sistema vanno dalla raccolta dei rifiuti nel Distretto di Baalbek al conferimento di una loro porzione in discarica. Saranno considerate le emissioni in aria, acqua e suolo e il trattamento degli scarti.

#### 3.7.1.2.5 La qualità dei dati

Il principale limite all'applicazione di questo metodo per la valutazione degli impatti ambientali del progetto è la ridotta disponibilità di dati primari. Dal VIA del progetto è stato possibile estrarre alcune informazioni sulle quantità trattate e sulle dimensioni delle attrezzature. Altre informazioni, ad esempio relative ai consumi energetici, sono state stimate mediante le schede tecniche dei macchinari. Mancano completamente i dati primari sulle emissioni. Tutti i dati primari disponibili, insieme ai dati stimati e calcolati, sono presentati nel paragrafo di descrizione dell'inventario.

I processi che nel sistema rappresentano le diverse tipologie di trattamento vengono ricavati da studi precedenti o da processi presenti in bancadati Ecoinvent.2 (ed Ecoinvent.3 per il processo relativo al mix elettrico del Libano), opportunamente modificati per renderli più rappresentativi della realtà del WC. Per il calcolo del danno viene usato il metodo IMPACT 2002+, modificato per tenere conto del consumo di acqua, del particolato e della trasformazione del territorio. Il software utilizzato come strumento di supporto allo studio è SimaPro 8.0.2.

#### 3.7.1.2.6 Modifiche al metodo IMPACT 2002+

In questa versione del metodo (IMPACT 2002+ vers10 060514 (da 080513)) sono state apportate le seguenti modifiche a IMPACT 2002+ vers10 per tener conto di alcune forme di impatto che nella versione precedente erano trascurate:

- Il consumo d'acqua  
In **Minerals** sono stati introdotti tutti i tipi di acqua attribuendo a ciascuno di essi un fattore di caratterizzazione espresso in MJ Surplus che rappresenta la quantità di energia che è necessario fornire per estrarre l'acqua di una falda che si suppone abbassata di 80 m a causa dell'aumentato consumo di acqua. I fattori di damage assessment e di normalizzazione sono quelli della categoria di impatto Minerals.
- Il Particolato  
In **Respiratory inorganics** sono stati considerati tutti i tipi di *Particulates* presenti nelle banche dati attribuendo loro i coefficienti di caratterizzazione che ad essi competono per similitudine con le tipologie presenti nella versione standard del Metodo.
- Le trasformazioni del territorio  
In **Land Occupation** sono stati considerati tutti i tipi di *Occupation* e sono state inseriti tutti i tipi di *Transformation from* e *Transformation to* relativi alle *Occupation*.

I fattori di caratterizzazione delle *Trasformation* nuove sono stati determinati supponendo una proporzionalità tra quelli presenti in IMPACT e quelli presenti nel metodo Eco-indicator'99. I fattori di caratterizzazione delle *Trasformation* nuove sono stati determinati moltiplicando per 30 anni i valori delle *Occupation*.

- I rifiuti radioattivi

È stata introdotta la categoria **Radioactive waste** che nella caratterizzazione considera il peso del rifiuto radioattivo sulla base del volume da esso occupato. I fattori di caratterizzazione usati sono quelli del metodo EDIP 2003 (Danimarca). Il fattore di normalizzazione è stato assunto pari ad 1 kg/persona poiché il valore assunto da EDIP per la Danimarca (0.035kg/persona) avrebbe generato un danno molto più grande dei danni generati nelle altre categorie.

- Le nanoparticelle di TiO<sub>2</sub>

Sono stati determinati quattro indicatori della potenziale tossicità delle nanoparticelle di TiO<sub>2</sub> con il metodo LCA.

-Si definisce la sostanza *Particulates*, <100 nm in aria nella categoria di impatto **Carcinogens**, nella categoria di danno Human Health, per tener conto del danno sulla salute umana causato dalle emissioni in ambiente outdoor.

-Si definisce la sostanza *Particulates*, <100 nm indoor in aria nella nuova categoria di impatto **Carcinogens indoor**, che viene inserita nella nuova categoria di danno Carcinogens indoor, per tenere conto del danno sulla salute umana causato dalle nanoparticelle inalate dal lavoratore (ambiente indoor).

-Si introduce la sostanza *NanoTiO<sub>2</sub> human toxicity* che richiama l'emissione della nanoTiO<sub>2</sub> in acqua per valutare il danno sulla salute umana causato dalla presenza di nanoparticelle in ambienti acquatici. Tale sostanza viene inserita nella nuova categoria di impatto **NanoTiO<sub>2</sub> risk estimation**, che entra nella categoria di danno NanoTiO<sub>2</sub> carcinogens in water.

-Si introduce la categoria di impatto **Nano ecotoxicity in freshwater**, che richiama la sostanza *Particulates*, <100 nm in acqua e che misura il danno sugli organismi acquatici causato dalle emissioni in acqua. Tale categoria di impatto viene inserita nella nuova categoria di danno Nano ecotoxicity in freshwater.

I calcoli per la determinazione dei fattori di caratterizzazione della potenziale tossicità delle nanoparticelle di TiO<sub>2</sub> con il Metodo LCA, sono stati ottenuti da studi condotti dal gruppo di ricerca LCA Working Group del Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria di Reggio Emilia.

- E' stata introdotta la categoria di impatto **Costo** con unità di misura euro e con le substances *Costo in euro, costi in euro, Euro* (nei compartment economic) e costo in euro (nel compartment non materials) tutti con coefficiente di caratterizzazione 1.  
E' stata creata una categoria di danno **Costo** con coefficiente di damage assessment 1.  
Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso dello stipendio medio di un cittadino europeo in un anno ( $6,454233E-5 \text{ €}^{-1}$ ).  
Tale categoria non viene valutata come danno.  
Il dato di input è il costo interno misurato in euro ( $\text{€=p}$ ).
- E' stata introdotta la categoria di impatto **Energia rinnovabile** con unità di misura MJ e con le substances che rappresentano i diversi tipi di energia rinnovabile, tutte con coefficiente di caratterizzazione 1 tranne Water barrage che ha il fattore 0.01.  
E' stata creata una categoria di danno **Energia rinnovabile** con coefficiente di damage assessment 1.  
Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso dell'energia consumata in media dal cittadino europeo in un anno ( $8.846E-6 \text{ MJ}^{-1}$ ).  
Tale categoria non viene valutata come danno.  
Il dato di input è l'energia rinnovabile misurata in MJ.

### 3.7.2 *Inventario*

Il sistema che descrive il WC è stato modellato su SimaPro 8.0.2 nel progetto con nome "Waste Compound Baalbek".

Il sistema studiato è lo smaltimento dei rifiuti indifferenziati prodotti dal Distretto di Baalbek, Libano, mediante i seguenti processi:

- la raccolta dei rifiuti indifferenziati presso il Distretto di Baalbek.
- Il trattamento meccanico che separa la parte secca dalla parte umida senza frantumazione.
- La parte secca viene separata manualmente per essere, almeno in parte, riciclata.
- La parte umida viene, in parte, trattata da un impianto per la Produzione del Biogas e, in parte, viene biostabilizzata.
- Il digestato viene inviato alla biostabilizzazione.
- Il "resto di cernita" viene inviato alla Discarica Sanitaria.
- Il biogas viene bruciato per produrre energia elettrica successivamente utilizzata per la digestione anaerobica, per la separazione dell'umido dal secco, per la biostabilizzazione e per la gestione della Discarica.

Il seguente diagramma a blocchi sintetizza il sistema descritto, individuandone i principali flussi computati.

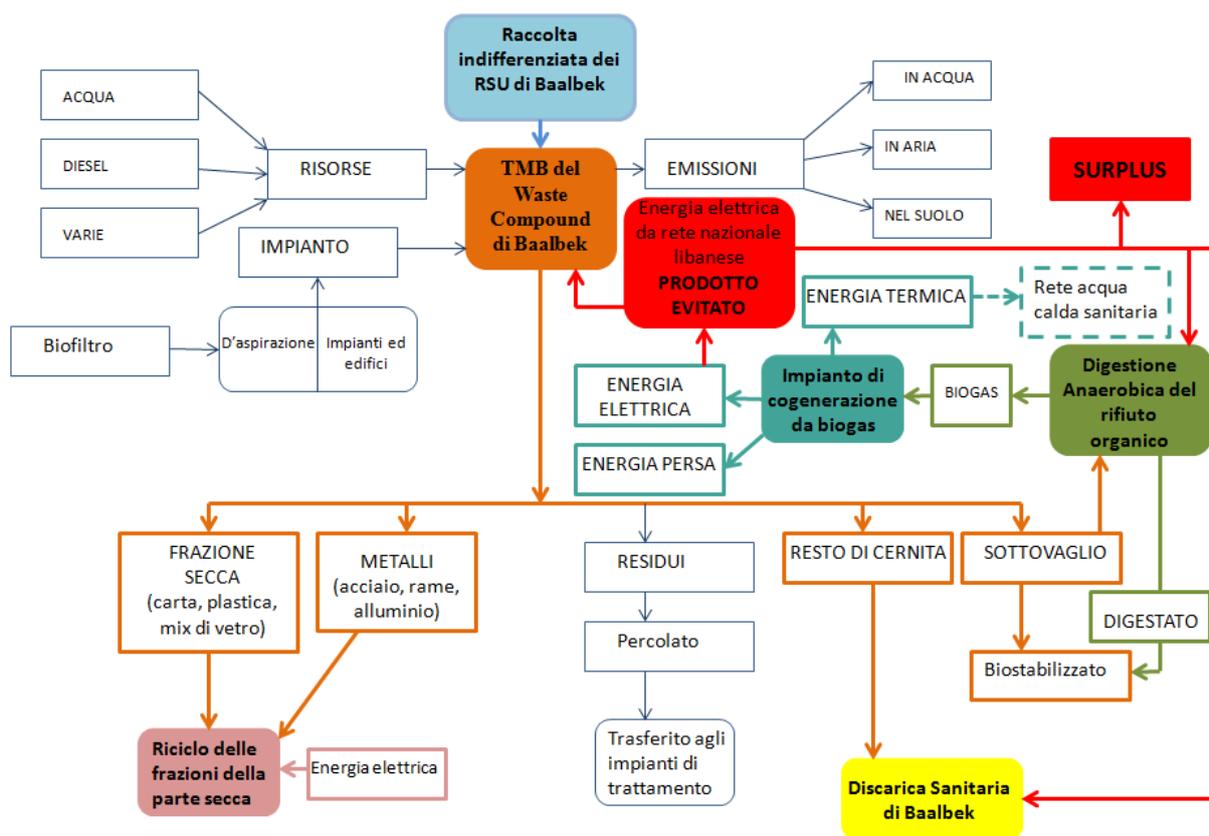


Figura 3. 2: Diagramma a blocchi del sistema per l'LCA

### 3.7.2.1 Il processo principale

Nel processo principale Waste Compound Baalbek (U.F.:21900 ton di rifiuti indifferenziati in ingresso) sono riportati i seguenti processi:

- Come prodotto evitato: energia elettrica di rete del Libano (203kWh/h·8000h= 1628000 kWh)
- Come prodotto evitato: energia termica (0 kWh poiché l'energia termica prodotta dalla combustione del biogas non viene riutilizzata).
- Il processo che rappresenta la raccolta indifferenziata dei RSU nel Distretto di Baalbek. La scelta di far richiamare tale processo dal processo principale, piuttosto che dal processo rappresentativo del TMB, deriva dalla volontà di garantire una più equa attribuzione degli impatti ambientali sui singoli processi.
- Il processo di produzione del sovrvallo dal trattamento meccanico (Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)): ottenuto modificando il processo di produzione del CDR nell'impianto "Tre Monti" di Imola).
- Il processo di produzione dei metalli ferrosi dal trattamento meccanico (Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)): ottenuto modificando il processo di separazione dei metalli nell'impianto "Tre Monti" di Imola).

- Il processo di biostabilizzazione del sottovaglio (F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)): ottenuto modificando il processo F.O.S. prodotto dall'impianto "Tre Monti" di Imola).
- Il processo relativo al riciclo delle diverse frazioni di materiale secco recuperato (Riciclo delle frazioni della parte secca).
- I tre processi del multi-output che descrive il trattamento della frazione umida per produrre biogas, ottenuti modificando il processo multi-output del database (utilizzando in essi l'energia elettrica autoprodotta mediante la combustione del biogas e l'energia termica di rete, poiché quella autoprodotta non viene riutilizzata). Il processo Biogas, from biowaste, at storage (multi-output), così creato, non viene però richiamato dal processo principale ma dal processo multi-output che rappresenta l'impianto di cogenerazione.
- Il processo relativo alla produzione dell'energia elettrica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione.
- Il processo relativo alla produzione dell'energia termica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione.
- Il processo relativo alla produzione di energia dispersa ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione.
- Il processo di smaltimento in discarica del "resto di cernita" (prelevato da database e modificato utilizzando l'energia di rete del Libano).
- Il processo che riproduce il mix elettrico libanese e i processi che rappresentano la trasformazione dell'energia da alta, a media e poi a bassa tensione, oltre che il suo trasferimento attraverso cavi della rete elettrica nazionale.
- Il processo che introduce il costo dell'energia elettrica prelevata dalla rete elettrica nazionale libanese (gestita dall'EDL).
- Il processo che introduce i ricavi derivanti dall'erogazione del servizio di raccolta dei RSU presso il Distretto di Baalbek (si usa il costo unitario della raccolta dei RSU nell'area di Zahel-Baalbek-Hermel (Jadam, 2010)).
- Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).
- Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).
- Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Produzione del Biogas (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).
- Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Produzione del Biogas (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).
- Il processo che introduce il costo d'investimento della Discarica Sanitaria (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).
- Il processo che introduce il costo di gestione della Discarica Sanitaria (in base alle stime svolte nel Capitolo 2).

L'elenco mostra tutti i processi richiamati dal processo principale, che ne descrivono i diversi componenti. Molti di questi sono processi di database o processi relativi ad altri casi studio. Di seguito vengono descritti più nel dettaglio i processi utilizzati e le modifiche che sono state apportate per renderli più fedeli nella descrizione alla realtà del WC. In base all'analisi economica svolta precedentemente (Capitolo 2), è stato possibile introdurre anche alcuni processi che modellano i costi unitari di trattamento, col fine di tener conto nel modello anche di queste informazioni disponibili.

### *3.7.2.2 La raccolta indifferenziata nel Distretto di Baalbek*

La raccolta dei rifiuti indifferenziati che giungono al WC, si suppone che per i primi anni di attività dell'impianto provenga esclusivamente dal Distretto di Baalbek, ovvero dal Comune di Baalbek e dagli altri comuni che costituiscono l'Unione Comunale. L'estensione di tale area è di 2319,2 km<sup>2</sup>. Non si hanno informazioni di dettaglio sulla tipologia e sulla modalità di raccolta nel Distretto, né sugli automezzi utilizzati.

#### *3.7.2.2.1 Il processo Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek*

Il processo che rappresenta la raccolta dei rifiuti indifferenziati del Distretto di Baalbek è stato costruito sulla base di alcune ipotesi:

- la raccolta avviene 2 volte alla settimana, il totale dei giorni di raccolta è dunque  $52 \cdot 2 = 104$  giorni/anno
- il trasporto per la raccolta avviene tramite camion il cui carico medio è di 4,1 ton per l'intero percorso (considerando un tasso di riempimento del 50% per tutto il percorso).

La massa dei rifiuti raccolti nel Distretto di Baalbek è di 21900 ton/anno e l'area del bacino di utenza è di 2319,2 km<sup>2</sup>.

Si suppone che l'area si estenda circolarmente intorno al sito del Waste Compound, di conseguenza un camion percorre in media metà del raggio di tale circonferenza per raggiungere la zona di raccolta che gli spetta. Il raggio dell'area è pari a 27,18 km, la distanza media percorsa è dunque di 13,56 km. Una volta nella zona di carico un camion svuota in media 7 cassonetti. A tale valore si è giunti supponendo:

- una capacità del camion di 4,1 ton;
- una distanza media tra due cassonetti di 1 km;
- un volume del cassonetto di 3 m<sup>3</sup>;
- una capacità in massa del cassonetto di 0,75 ton (ipotizzando una densità dei RSU di 0,25 ton/m<sup>3</sup>);
- un coefficiente di riempimento di 0,8 per ogni cassonetto.

Di conseguenza il peso del rifiuto contenuto in un singolo cassonetto è di circa 0,6 ton/cassonetto e il numero di cassonetti svuotati durante un solo viaggio del camion è di 7 cassonetti. La distanza percorsa in media da un camion per svuotare 7 cassonetti è pari a 7 km.

All'impatto ambientale sulle distanze percorse va sommato l'impatto relativo alla presenza dei cassonetti. Esso viene considerato introducendo il processo IC cassonetto da 11001 modificato sulla base di alcune ipotesi:

- numero di cassonetti: 7 cassonetti caricati per viaggio;
-

- numero viaggi: 52;
- vita media del cassonetto: 10 anni.

### *3.7.2.3 Il trattamento meccanico che separa la parte secca dalla parte umida senza frantumazione*

Il trattamento meccanico a cui il rifiuto indifferenziato è sottoposto è un semplice processo di vagliatura, realizzato con un vaglio rotativo di capacità 150 m<sup>3</sup>/h. Prima del processo di vagliatura i rifiuti vengono scaricati in un'area di stoccaggio e prelevati da una pala gommata per essere collocati sul conveyor. Innanzitutto le buste chiuse vengono aperte da una macchina apri sacchi (con capacità 6 ton/h) e si provvede poi alla separazione dimensionale. Si considera che l'impianto di TMB sia operativo per 5840 h/anno (2 turni da 8h). Tale dato è importante ai fini di una stima dell'energia elettrica consumata, che verrà fornita dall'Impianto di Biogas, adottando il principio del "prodotto evitato".

La pala gommata si stima possa funzionare per circa 2000 h/anno nell'impianto TMB, distribuendo tale numero di ore tra l'attività di carico dei rifiuti sul conveyor e l'attività di formazione delle pile per la biostabilizzazione dell'organico. Il consumo orario di carburante della pala gommata è di 25 l/h.

Non si hanno dati primari relativi alle emissioni in ambiente e al consumo d'acqua.

Per quanto riguarda il trattamento degli scarti e dei reflui, l'aria esausta è gestita mediante un sistema d'aerazione, che aspira l'aria inviandola ad un biofiltro per il trattamento. Il biofiltro ha dimensione 400 m<sup>2</sup> ed è disposto all'esterno della struttura. Esso gestisce l'aria proveniente da tutto l'impianto di TMB (complessivamente 13920 m<sup>3</sup>) e dall'impianto per la Produzione del Biogas (1526 m<sup>3</sup>). Il sistema di aerazione è costituito da due ventilatori di portata 23500 m<sup>3</sup>/h e consumo elettrico di 1,5 kW.

Il percolato che si forma durante lo stoccaggio e il trattamento dei rifiuti viene, invece, raccolto e trasportato agli impianti di Trattamento delle Acque Reflue di Baalbek (esterni dunque al WC).

#### *3.7.2.3.1 Il processo Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)*

Il processo di vagliatura e selezione del materiale in ingresso al WC è stato modellato utilizzando il processo di produzione del combustibile da rifiuto dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico "Tre Monti" di Imola ("CDR prodotto dall'impianto "Tre Monti" di Imola").

**Modifiche apportate al processo che descrive il TMB di Imola per renderlo più conforme alla descrizione della realtà di Baalbek:**

- Il processo che descrive il TMB di Imola prevede in ingresso 127218,19 ton/anno di RSU indifferenziati, suddivisi in flussi in uscita caratterizzati da specifiche proporzioni. È stato necessario dunque sostituire le proporzioni in massa tra i differenti flussi in uscita da tale processo con i rapporti di proporzione del TMB di Baalbek, col fine di garantire una corretta riproducibilità del processo e di allocazione delle emissioni. Il processo è un processo multi-output in cui, andando a sostituire le Unità Funzionali dei singoli prodotti con le quantità in uscita dal TMB di Baalbek

moltiplicate per il rapporto tra il totale dei rifiuti trattati nel TMB di Imola (127218,19 ton) e quello dei rifiuti trattati a Baalbek (21900 ton), si ottengono: 47454 ton/anno di materiale secco, 49900 ton/anno di frazione organica biostabilizzata (F.O.S) e 3433,1 ton/anno di metalli riciclabili. Si trasforma in questo modo il processo del TMB di Imola, cambiando il rapporto tra le frazioni ottenute e assumendo per esso quello dell'impianto di Baalbek. L'Unità Funzionale del processo Frazione secca impianto di Baalbek (TMB) che viene richiamata è 8169 ton in uscita dal processo di trattamento meccanico.

- Viene modificato il consumo elettrico dell'impianto, in modo da renderlo proporzionale al consumo unitario di energia elettrica dell'impianto di Baalbek. Il consumo di energia elettrica del TMB di Baalbek è di 525600 kWh per il trattamento di 21900 ton. Il consumo unitario vale quindi:  $525600 \text{ kWh} / 21900 \text{ ton} = 24 \text{ kWh/ton}$ . Il consumo di energia elettrica di Baalbek riferito a 127218,19 ton di rifiuto vale:  $525600 \text{ kWh} / 21900 \text{ ton} * 127218,19 \text{ ton} = 3053236,6 \text{ kWh}$ . Questo valore viene sostituito nel processo per rappresentare i consumi energetici.
- Nel TMB di Baalbek, a monte di tutto l'impianto, è presente soltanto una macchina apirisacchi e un deferrizzatore, invece di una macchina tritratrice che svolge anche la deferrizzazione. Per il deferrizzatore si assume una potenza uguale a quello dello studio di Bergamo per il TM di Mantova che vale 20 kW. Le ore annue di utilizzo dei macchinari sono 5840 e la portata dell'apirisacchi è di 6t/h. Calcoliamo la portata oraria delle due macchine in riferimento al trattamento di 127218,19 ton, col fine di mantenere lo stesso tempo di utilizzo di Baalbek:  $6/21900 = x/127218,19$ ;  $x = 34,854 \text{ ton/h}$   
Il tempo di uso delle due macchine vale:  $127218,19 \text{ ton} / 34,854 \text{ ton/h}$   
L'allocazione temporale è:  $p/19520 \text{ h} * 127218,19 / 34,854 \text{ h/a}$ . Supponiamo che il peso della macchina apirisacchi e del deferrizzatore sia di 11 ton. L'allocazione in peso è:  $p/3,5 * 11$ .
- Viene eliminato il processo che rappresenta l'impianto di deferrizzazione secondaria del sottovaglio, poiché nel Waste Compound di Baalbek tale impianto non esiste.
- Viene eliminato l'impianto che rappresenta il filtro a maniche poiché nel TMB di Baalbek non è presente.
- Poiché nell'impianto di Baalbek non è presente un filtro a maniche le emissioni in aria di particolato solido di Imola devono essere aumentate del 99%, il che equivale a dividere per lo 0,01 l'emissione di Imola:  $(0,16 * 24000 * 2440 * 0,15) / 0,01$
- Per il Waste Compound di Baalbek si suppone che i rifiuti provengano tutti dal bacino di raccolta. Viene dunque eliminato il processo che modella il trasferimento, dal bacino di raccolta all'impianto TMB.
- Viene inoltre eliminato il processo che rappresenta la raccolta nel Distretto di Baalbek, poiché tale processo viene richiamato direttamente dal processo principale. Questa scelta garantisce una più equa attribuzione degli impatti ambientali sui singoli processi.

Il trattamento dell'aria satura, derivante dagli ambienti chiusi del TMB e dell'impianto per la Produzione del Biogas, attraverso un sistema di areazione, aspirazione e biofiltrazione, viene modellato attraverso il processo "Impianto di aspirazione".

### 3.7.2.3.2 Il processo Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)

Per inserire nel modello la separazione magnetica dei metalli ferrosi dell'impianto di Baalbek si utilizza un processo ottenuto modificando il processo "Metalli ferrosi ottenuti dall'impianto "Tre Monti" di Imola". L'Unità Funzionale del processo è la quantità di metalli ferrosi prodotta in un anno di attività del WC, ovvero 591 ton/anno.

### 3.7.2.4 La separazione manuale della parte secca per il riciclo

La parte secca selezionata durante il processo di vagliatura viene trasportata su un conveyor e, attraverso diverse stazioni di separazione manuale, viene suddivisa in flussi di diverse categorie merceologiche dirette al riciclo.

Le quantità selezionate per 21900 ton/anno di RSU in ingresso, in funzione dei rendimenti di selezione previsti, sono:

- carta: 1862 ton/anno
- plastica: 1752 ton/anno
- vetro: 1478 ton/anno
- metalli: 591 ton/anno

Al termine del processo di selezione di queste quantità si raccoglie la restante parte di materiale (circa 3077 ton/anno) che viene indirizzata in discarica.

In questo processo si considera l'attività di raccolta, trasporto e trattamento dei flussi di materiali riciclabili. Di queste attività non si hanno dati specifici relativi al contesto di Baalbek, ma si sviluppa la valutazione degli impatti ambientali del processo basandosi su delle ipotesi. L'analisi si limita al processo di trattamento del materiale, senza includere le attività che conducono alla realizzazione di un prodotto "secondario", che in tal caso sarebbe possibile considerare come prodotto evitato.

#### 3.7.2.4.1 Il processo Riciclo delle frazioni della parte secca

Vengono richiamati i processi di database rappresentativi delle attività di trasporto delle diverse categorie merceologiche dei materiali e dei relativi impianti di trattamento e recupero.

Processi	U.F.	Unità	Commenti:
<u>Recycling paper/RER U</u> (con waste paper)	1862	ton	Riciclo della carta
<u>Recycling mixed plastics/RER U</u> (con waste paper)	1752	ton	Riciclo della plastica  (si utilizza la densità della carta nelle valutazioni sui trasporti e sui trattamenti)

<u>Recycling glass/RER U (con glass cullet)</u>	1478	ton	Riciclo del vetro (si utilizza la densità dei rottami di vetro, vetro misto)
<u>Recycling aluminium/RER U (con aluminum scrap)</u>	59,1	ton	Riciclo dell'alluminio (si utilizza la densità dei rottami di alluminio) il peso totale dei metalli è 591t Si suppone che le percentuali siano le seguenti: 70% acciaio 20% rame 10% alluminio
<u>Recycling steel and iron/RER U (con iron scrap)</u>	413,7	ton	Riciclo dell'acciaio (si utilizza la densità dei rottami di ferro)
<u>Recycling copper/RER U (con iron scrap)</u>	118,2	ton	Riciclo del rame (si utilizza la densità dei rottami di ferro)

### 3.7.2.5 Il processo di produzione del sottovaglio da biostabilizzare

Questo processo rappresenta l'insieme di tutte le attività rivolte alla biostabilizzazione della frazione organica (mediante *compostaggio per andane*). In particolare si cerca di modellare la biostabilizzazione aerobica di 12564 ton/anno di biomassa. Questa quantità è costituita da 5140 ton/anno di frazione organica direttamente stabilizzata in modalità aerobica; 4480 ton/anno di digestato, che ha subito precedentemente un processo di digestione anaerobico per il recupero del biogas; 1600 ton/anno di materiale non organico, che non viene separato dalla frazione umida durante il processo di vagliatura e che resta inalterato al termine della digestione anaerobica; 1344 ton/anno di materiale organico secco e pulito, che viene raccolto separatamente rispetto ai RSU, stoccato nell'impianto in un'area apposita e miscelato alla frazione umida prima di attivare la fermentazione. È evidente che le tonnellate di digestato non avranno le stesse proprietà organiche del materiale che prima non ha subito alcun processo di digestione, per questa ragione è necessario introdurre, prima della fermentazione, altro materiale organico pulito, che ne agevoli l'attivazione. Il processo ha una durata media di 70 giorni, di cui 30 giorni sono in genere dedicati alla fermentazione del biostabilizzato e 40 alla sua maturazione. Il biostabilizzato che si ottiene al termine del processo subisce un ulteriore processo di vagliatura, prima di essere utilizzato in discarica per realizzare la copertura giornaliera.

L'area dell'impianto dedicata alla fermentazione è un'area al chiuso, di circa 1500 m<sup>2</sup> (altezza 6 m), ventilata attraverso un impianto di aerazione che canalizza l'aria ad un biofiltro. L'area dedicata alla maturazione è invece di circa 1780 m<sup>2</sup>, ed è all'aperto. Il processo prevede l'utilizzo di una pala gommata per la costruzione dei cumuli di materiale messo a fermentare e/o a maturare. La pala ha un consumo di carburante di 25 l/h e si stima che venga utilizzata per circa 2000 h/anno, considerando complessivamente il carico dei rifiuti sul conveyor e la costruzione delle pile di materiale organico. Le pile vengono aerate meccanicamente

attraverso una macchina rivolta cumuli, con capacità 3500 m<sup>3</sup>/h ed un consumo orario di carburante di 65 litri. Supponendo che il materiale a fermentare venga ribaltato una volta al giorno e che il materiale a maturare venga invece movimentato con una frequenza di una volta ogni 4 giorni, le ore di lavoro stimate per la macchina rivolta cumuli sono 438 h/anno.

L'energia elettrica complessiva consumata dall'impianto è 90 kWh/h, di conseguenza, essendo l'impianto operativo per 5400 h/anno (2 turni da 8h), il consumo elettrico annuo è di 486000 kWh/anno. Non si hanno dati primari relativi al consumo d'acqua o di altre risorse e anche i dati relativi alle emissioni non sono resi disponibili (neppure nei documenti di VIA del progetto).

Il percolato prodotto durante il processo viene raccolto e trasportato agli impianti di Trattamento delle Acque Reflue (esterni al WC). Non si hanno informazioni sulle modalità e sulla frequenza con cui avviene il trasferimento del percolato agli impianti di trattamento.

#### *3.7.2.5.1 Il processo F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)*

Per inserire nel modello la biostabilizzazione della frazione organica dell'impianto di Baalbek si utilizza un processo ottenuto modificando il processo "F.O.S. prodotto dall'impianto "Tre Monti" di Imola". L'Unità Funzionale del processo è la quantità di biostabilizzato prodotta in un anno di attività del WC, ovvero 8590 ton/anno.

La F.O.S., che nella realtà del Waste Compound viene inviata in discarica per essere utilizzata come copertura giornaliera, in questo studio si sceglie di non includerla tra le quantità di rifiuti da smaltire in discarica, poiché si considera notevolmente ridotto l'impatto ambientale del rifiuto dopo il trattamento di biostabilizzazione. Sarebbe dunque poco corretto assimilare il fine vita della F.O.S. a quello di un rifiuto non trattato.

#### *3.7.2.6 La produzione del biogas*

Il processo di produzione del biogas comprende tutte le attività che vanno dallo scarico del materiale organico nell'impianto di Produzione del Biogas, alla pre-miscelazione e al successivo processo di digestione anaerobica nelle biocelle. Dal processo si ottengono due sottoprodotti: il digestato, che per 8000 ton/anno di materiale organico in ingresso si stima essere 4480 ton/anno, e il biogas, utilizzato poi per produrre energia elettrica. Circa il 20% del materiale in ingresso al BF, proveniente dall'impianto MBTF, non è materiale organico, ma una frazione di "secco" che rimane come frazione di impurità durante il processo di vagliatura.

Il materiale in arrivo all'impianto BF viene scaricato nell'area di pre-trattamento tramite una pala gommata, viene miscelato ad eventuale altro materiale organico e movimentato, tramite la stessa pala gommata, nelle biocelle, dove subirà il processo di digestione. La pala gommata lavora nell'impianto circa 2000 h/anno con un consumo di 25 l/h di carburante. L'area di pre-trattamento ha un volume di 1526 m<sup>3</sup>, ventilato attraverso un impianto di aspirazione dell'aria, costituito da un ventilatore e da diverse condutture che canalizzano l'aria verso il biofiltro (400 m<sup>2</sup>). Il ventilatore ha portata 23500 m<sup>3</sup>/h ed un consumo elettrico di 1,5 kW.

Nelle biocelle la ventilazione invece avviene attraverso delle aperture a soffitto, che al termine del processo vengono aperte con controllo pneumatico. L'impianto è alimentato da un

sistema sprinkler, che riutilizza il percolato raccolto nel serbatoio per l'umidificazione del materiale durante il processo di digestione, favorendone la continuità.

Si raccolgono nel serbatoio del percolato circa 1400 ton/anno, che vengono riutilizzate dall'impianto sprinkler o smaltite negli impianti di Trattamento delle Acque Reflue, esterni al WC.

Il biogas prodotto viene incanalato in un serbatoio e utilizzato per alimentare l'impianto di cogenerazione. Il biogas in eccesso è bruciato mediante una torcia elettrica da 150 m<sup>3</sup>/h, di altezza 3,6 m. Anche il biogas che non raggiunge gli standard sui rapporti di composizione CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> viene bruciato.

Il consumo elettrico di questo processo è stimato di 40 kWh/h, in un'ipotesi pessimistica. È possibile mediante questo dato calcolare l'autoconsumo di energia elettrica annua dell'impianto di Produzione del Biogas, pari a 320000 kWh (considerando che l'impianto operi per 8000 h/anno).

Non si posseggono altri dati relativi alle emissioni in ambiente e al consumo di risorse.

#### *3.7.2.6.1 Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)*

Per la produzione del biogas è stato creato il processo multi-output "Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)", apportando delle modifiche al processo Biogas, from biowaste, at storage di Ecoinvent.2 Bioenergy (pag. 186). Gli output sono: il trattamento del rifiuto (U.F.:1kg) "Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)" (allocazione: 71,76%), il biogas (U.F.:0,1m<sup>3</sup>) "Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)" (allocazione: 18,24%) e il digestato (U.F.:7,12E-1kg) "Digested matter (multi-output)" (allocazione: 10%).

Il processo Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) ha come funzione il trattamento del rifiuto organico, in cui l'energia elettrica consumata è l'energia di rete (del Libano) assunta come prodotto evitato nel processo principale. Il consumo unitario di energia elettrica nel processo di database (40 kWh/ton) coincide perfettamente con il valore supposto per l'impianto di Baalbek in un'ipotesi pessimistica. L'Unità Funzionale con cui il processo viene richiamato è 8000 ton. L'allocazione al trattamento dei rifiuti organici (su base economica) nel processo originario era dell'81,76%, mentre in tale modifica del processo è stata assunta del 71,76%. Rispetto al processo originario vengono eliminati gli impatti relativi alla raccolta e al trasferimento dei rifiuti fino all'impianto, in questo studio infatti per descrivere la raccolta e il trasferimento dei RSU è stato creato un apposito processo richiamato dal processo principale.

#### *3.7.2.6.2 Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)*

Il processo di produzione del biogas (U.F: 0.1m<sup>3</sup>) "Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)" è stato ottenuto modificando il relativo processo di database che prevedeva un tasso di rendimento di 100 m<sup>3</sup> di biogas per tonnellata di rifiuti, coincidente perfettamente col dato stimato per l'impianto di Baalbek (nel caso non venga aggiunto materiale organico pulito). La quantità totale di biogas prodotta da 8000 ton di rifiuti organici annui è dunque pari a 8\*10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>, che rappresenta l'Unità Funzionale con cui il processo viene richiamato dal multi-output che modella l'impianto di cogenerazione (Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek). L'allocazione sul biogas prodotto nel processo originario (su base economica) era del 18,24% ed è stata mantenuta come tale.

### 3.7.2.6.3 *Digested matter (multi-output)*

Un ultimo processo di cui è necessario tener conto per modellare la digestione anaerobica è il processo “Digested matter (multi-output)”, che rappresenta la formazione del digestato e tiene conto di tutte le forme d’impatto ad essa associate. L’Unità Funzionale è la quantità di digestato prodotta in un anno: 4480+1600 ton (somma della quantità di materiale organico digerito e delle impurità, non separabili, in esso contenute). Si sceglie di allocare al 10% le emissioni sul digestato prodotto. Il processo di bancadati propone come quantità di digestato prodotto il 71,2% in massa del rifiuto in ingresso. Tale valore è stato sostituito con il dato di Baalbek: 76%. Inoltre, rispetto al processo originario, vengono eliminate le emissioni al suolo relative allo spargimento del prodotto sul terreno come fertilizzante. Infatti il digestato ottenuto dall’impianto per la Produzione di Biogas di Baalbek è destinato ad essere ulteriormente trattato nel TMB e inviato poi in discarica.

### 3.7.2.7 *Il processo relativo alla produzione dell’energia elettrica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l’impianto di cogenerazione*

Il biogas prodotto viene inviato ad un impianto di cogenerazione, che consente di ottenere, per 8000 h di lavoro annue, 1628000 kWh/anno di energia elettrica. L’impianto è costituito da due cogeneratori da 100 kW di potenza elettrica e 85 m<sup>3</sup>/h di portata, opportunamente collocati in una camera isolata.

I fumi di scarico dei cogeneratori sono utilizzati per l’aerazione delle celle durante la loro apertura, oppure direttamente immessi in ambiente. Non si hanno dati primari relativi alle emissioni in ambiente che hanno origine da tale impianto. Per il raffreddamento dell’impianto si utilizza il percolato raccolto nel relativo serbatoio, senza un ulteriore consumo d’acqua.

#### 3.7.2.7.1 *Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek*

Il processo che modella l’impianto di cogenerazione, interno al BF, è un processo multi-output costruito partendo dai dati del processo multi-output di database Ecoinvent2 Bionergy (pag. 253) e allocando tutti gli input e gli output attraverso un’allocazione energetica che tenga anche conto dell’energia dispersa. Infatti nello Studio di Fattibilità dell’impianto (Studio Azue, December 2011) viene considerata anche questa quota parte d’energia. In particolare, i dati forniti sono:

Power produced from biogas: 5,5 kWh/m<sup>3</sup>

La potenza viene così distribuita: energia termica (43%), energia elettrica (37%), perdite di energia (20%).

Si ottengono dunque le seguenti quantità di:

Energia termica:  $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,43 = 1892000\text{kWh}$

Energia elettrica:  $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,37 = 1628000\text{kWh}$

Energia persa:  $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,2 = 880000\text{kWh}$

Il processo di database da cui si sono prelevati i dati, invece, rappresenta la produzione di energia elettrica mediante un impianto di cogenerazione da 160 kWh<sub>el</sub> e prevedeva una

distribuzione di potenza del tipo 55% energia termica, 32% energia elettrica, 13% perdite di energia, e un'allocazione exergetica.

Per la trasformazione dei dati di input e output (consumo di risorse ed emissioni) provenienti dal processo di bancadati si usa il criterio di proporzionalità tra l'energia totale prodotta dal processo creato ad hoc e l'energia totale del processo di bancadati.

Il criterio di allocazione viene applicato anche agli impianti e all'emissione di calore disperso.

### *3.7.2.8 Il processo relativo alla produzione dell'energia termica ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione*

L'impianto di cogenerazione produce anche 1892000 kWh/anno di energia termica, non utilizzata.

#### *3.7.2.8.1 Energia termica da cogenerazione di Baalbek*

Il sottoprocesso "Energia termica da cogenerazione di Baalbek", viene introdotto per tener conto di tutte le forme di impatto ambientale che determina l'impianto di cogenerazione, ma tale energia non viene sfruttata. Per questo motivo i 1892000 kWh/anno di energia termica prodotta non sono considerati come un prodotto evitato.

### *3.7.2.9 Il processo relativo alla produzione dell'energia persa ottenuta dalla combustione del biogas mediante l'impianto di cogenerazione*

Dai dati contenuti nello Studio di Fattibilità dell'impianto circa il 20% dell'energia prodotta dalla combustione del biogas viene dispersa, ovvero 880000kWh.

#### *3.7.2.9.1 Energia persa da cogenerazione di Baalbek*

Si sceglie di tener conto della quantità di energia persa nel processo di allocazione per ottenere un'attribuzione più equa degli impatti sui diversi coprodotti. Allo stesso tempo però si provvede a garantire che tutti gli impatti derivanti dal sistema siano contabilizzati, richiamando tutti i coprodotti nel processo principale.

### *3.7.2.10 Il processo di smaltimento in discarica*

Per 21900 ton/anno di RSU in ingresso al WC, circa 3077 ton/anno, che costituiscono una frazione né riciclabile né compostabile, sono smaltiti nella Discarica Sanitaria. Tale Discarica Sanitaria si prevede gestirà 21213 ton di RSU, durante il primo anno di attività. La densità dei rifiuti in discarica si prevede possa essere di 0,8 ton/m<sup>3</sup>. L'area occupata sarà di 22000 m<sup>2</sup>, mentre tutte le altre informazioni relative alla costruzione delle celle e ai sistemi di isolamento sono contenute nel Capitolo 1.

#### *3.7.2.10.1 Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U*

Il processo che descrive lo smaltimento del "resto di cernita" in discarica è il processo "Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U" da database, modificato inserendo il consumo di energia elettrica del Libano. L'Unità Funzionale è la quantità smaltita in discarica in un anno relativa esclusivamente alle 21900 ton di RSU in ingresso al WC, ovvero 3077 ton/anno.

### 3.7.2.11 *Il processo che riproduce il mix energetico libanese*

In tale processo si cerca di ricostruire il mix di produzione che caratterizza l'energia elettrica libanese. I dati sul mix energetico sono quelli relativi al 2010, presenti sul sito delle IEA (International Energy Agency, <http://www.iea.org/>), nella sezione dedicata ai paesi non membri e in particolare al Libano. Il mix elettrico indicato è costituito da: 13886 GWh di energia ottenuta dalle centrali termoelettriche alimentate ad olio combustibile (81,8%), 987 GWh di energia da gas naturale (5,8%), 839 GWh di energia idroelettrica (4,9%) e 1245 GWh di energia elettrica importata (7,5%). I due principali Paesi che provvedono alla fornitura del Libano sono la Siria e l'Egitto.

#### 3.7.2.11.1 *Energia elettrica del Libano (production mix)*

Il mix energetico che si utilizza è un mix costruito sulla base dei dati ricavati dall'IEA, relativi al 2010. L'Unità Funzionale è 1kWh di energia elettrica. Non essendo presente nel database Ecoinvent la produzione di energia elettrica libanese (né come mix energetico, né tra le diverse modalità di produzione) si fa riferimento alla dicitura "Resto del mondo" (*Rest of World, RoW*). Si ricorre in tal caso al database Ecoinvent.3. Nella seguente tabella si indicano i processi che sono stati richiamati per costruire il mix energetico libanese.

<u>Electricity, high voltage {RoW}   electricity production, oil   Alloc Def, U</u>	0,818 kWh	81,8% en. elettrica da olio combustibile
<u>Electricity, high voltage {RoW}   electricity production, natural gas, 10MW   Alloc Def, U</u>	0,058 kWh	5,8% en. elettrica da gas naturale
<u>Electricity, high voltage {RoW}   electricity production, hydro, pumped storage   Alloc Def, U</u>	0,049 kWh	4,9% en. elettrica da idroelettrica
<u>Electricity, high voltage {UCTE}   production mix   Alloc Def, U</u>	0,075 kWh	7,5% en. elettrica importata

#### 3.7.2.11.2 *Energia elettrica high voltage del Libano*

Questo processo è stato costruito col fine di rappresentare la produzione e il trasferimento in rete dell'energia elettrica libanese ad alta tensione. Tale processo richiama il processo Energia elettrica del Libano (production mix) per tener conto della produzione di energia ad alta tensione, introducendo, inoltre, il danno arrecato dal trasferimento dell'energia ad alta tensione attraverso la rete elettrica nazionale. Si ricorre in tal caso al database Ecoinvent.3. Le linee di trasmissione e le emissioni dovute ai campi elettromagnetici che vengono prodotti sono state ricavate dal processo Electricity, high voltage {RoW} | market for | Alloc Def, U. L'Unità Funzionale del processo è 1kWh di energia elettrica trasferita, cioè di energia che raggiunge i trasformatori da alta a media tensione. L'Unità Funzionale con cui il processo Energia elettrica del Libano (production mix) viene richiamato in questo processo (1,0102 kWh) è un coefficiente estratto dal processo Electricity, high voltage, production RER, at

grid/RER U. Se confrontato con l'Unità Funzionale del processo (1kWh), tale coefficiente rappresenta le perdite di energia legate al trasferimento ad alta tensione sulla rete nazionale.

#### *3.7.2.11.3 Energia elettrica medium voltage in Libano*

Questo processo è stato costruito col fine di rappresentare la trasformazione dell'energia da alta a media tensione e il trasferimento in rete dell'energia libanese a media tensione. Tale processo richiama il processo Energia elettrica high voltage del Libano come risorsa in ingresso per la trasformazione da alta a media tensione, introducendo, inoltre, il danno arrecato dal trasferimento dell'energia a media tensione attraverso la rete elettrica nazionale. Si ricorre in tal caso al database Ecoinvent.3. Le linee di trasmissione e le diverse forme di emissioni in aria sono state ricavate dal processo Electricity, medium voltage {RoW}| market for | Alloc Def, U. L'Unità Funzionale del processo è 1kWh di energia elettrica trasformata e trasferita, cioè di energia che raggiunge i trasformatori da media a bassa tensione. L'Unità Funzionale con cui il processo Energia elettrica high voltage del Libano viene richiamato in questo processo (1,009465 kWh) è un coefficiente estratto dal processo Electricity, medium voltage {RoW}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Alloc Def, U. Se confrontato con l'Unità Funzionale del processo (1 kWh), tale coefficiente rappresenta le perdite di energia legate alla trasformazione da alta a media tensione.

#### *3.7.2.11.4 Energia elettrica low voltage in Libano*

Questo processo è stato costruito col fine di rappresentare la trasformazione dell'energia da media a bassa tensione e il trasferimento in rete dell'energia libanese a bassa tensione. Tale processo richiama il processo Energia elettrica medium voltage in Libano come risorsa in ingresso per la trasformazione da media a bassa tensione, introducendo, inoltre, il danno arrecato dal trasferimento dell'energia a bassa tensione attraverso la rete elettrica nazionale. Si ricorre in tal caso al database Ecoinvent.3. Le linee di trasmissione e le diverse forme di emissioni in aria sono state ricavate dal processo Electricity, low voltage {RoW}| market for | Alloc Def, U. L'Unità Funzionale del processo è 1 kWh di energia elettrica trasformata e trasferita. L'Unità Funzionale con cui il processo Energia elettrica medium voltage in Libano viene richiamato in questo processo (1,028824 kWh) è un coefficiente estratto dal processo Electricity, low voltage {RoW}| electricity voltage transformation from medium to low voltage | Alloc Def, U. Se confrontato con l'Unità Funzionale del processo (1 kWh), tale coefficiente rappresenta le perdite di energia legate alla trasformazione da media a bassa tensione.

#### *3.7.2.12 Il processo che introduce il costo dell'energia elettrica di rete*

È possibile computare il costo dell'energia elettrica prelevata dalla rete elettrica nazionale libanese. Tale costo è imposto dalla società EDL, che gestisce il servizio a livello nazionale, ed è di 0,03 €/kWh. Viene introdotto nel modello mediante il processo Costo dell'Energia elettrica di rete del Libano (U.F.:1kWh), che viene richiamato nel processo Energia elettrica low voltage in Libano, per tenerne conto ogni volta che quest'ultimo processo viene utilizzato. In questo modo, nel bilancio totale del sistema, ai contributi positivi (costi per i

consumi elettrici) si sommano contributi negati (ricavi) derivanti dalla presenza di un prodotto evitato.

### *3.7.2.13 Il processo che introduce i ricavi derivanti dal servizio di raccolta dei RSU presso il Distretto di Baalbek*

Il processo che introduce i ricavi provenienti dalla raccolta dei RSU presso i Distretti di Baalbek, Zahel ed Hermel (Jadam, 2010). Il processo che viene creato Ricavo per la raccolta dei rifiuti (U.F.:1ton) è richiamato dal processo principale per 21900 ton, e riporta come costo unitario 13 €/ton, con segno negativo perché rappresentativo di un ricavo per il sistema analizzato.

### *3.7.2.14 Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico*

Questo processo introduce il costo d'investimento stimato per la costruzione dell'impianto. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 2'220'475 €. Il processo che viene creato Costo di investimento TMB (U.F.:1p) viene richiamato dal processo principale per una quantità pari a 1/15. Infatti si ipotizza che la vita media dell'impianto sia pari a 15 anni, di conseguenza l'allocazione temporale prevede di dividere il costo d'investimento complessivo per 15.

### *3.7.2.15 Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Trattamento Meccanico Biologico*

Questo processo introduce il costo di gestione stimato per il primo anno di attività dell'impianto. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 472'140 €/anno. Il processo che viene creato Costo di gestione TMB (U.F.:1p) viene richiamato dal processo principale ed è relativo alla gestione di 21900 ton/anno di RSU.

### *3.7.2.16 Il processo che introduce il costo d'investimento dell'impianto di Produzione del Biogas*

Questo processo introduce il costo d'investimento stimato per la costruzione dell'impianto. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 1'000'000 €. Il processo che viene creato Costo di investimento Biogas Facility (U.F.:1p) viene richiamato dal processo principale per una quantità pari a 1/15. Infatti si ipotizza che la vita media dell'impianto sia pari a 15 anni, di conseguenza l'allocazione temporale prevede di dividere il costo d'investimento complessivo per 15.

### *3.7.2.17 Il processo che introduce il costo di gestione dell'impianto di Produzione del Biogas*

Questo processo introduce il costo di gestione stimato per il primo anno di attività dell'impianto. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 112'948 €/anno. Il processo che viene creato Costo di gestione Biogas Facility (U.F.:1p) viene richiamato dal processo principale ed è relativo alla gestione di 8000 ton/anno di rifiuti organici.

---

### *3.7.2.18 Il processo che introduce il costo d'investimento della Discarica Sanitaria*

Questo processo introduce il costo d'investimento stimato per la costruzione della Discarica. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 4'665'200 € (somma dell'investimento iniziale per la realizzazione delle prime due celle e dell'investimento successivo per la terza cella). Il processo che viene creato Costo di investimento discarica (U.F.:1p) viene richiamato dal processo principale per una quantità pari a  $(1/15) \cdot (3077/21213)$ . Infatti si ipotizza che la vita della Discarica sia pari a 15 anni, di conseguenza l'allocazione temporale prevede di dividere il costo dell'investimento complessivo per 15, inoltre è necessaria anche un'allocazione in massa, per considerare esclusivamente la quota dei costi associata al "resto di cernita" proveniente dal TMB. L'allocazione in massa prevede di moltiplicare il costo d'investimento per il rapporto tra le tonnellate annue di rifiuti provenienti dal TMB e il totale delle tonnellate annue gestite dalla Discarica.

### *3.7.2.19 Il processo che introduce il costo di gestione della Discarica Sanitaria*

Questo processo introduce il costo di gestione stimato per il primo anno di attività della Discarica. In base alle ipotesi del Capitolo 2 esso equivale a 391'000 €/anno. Il processo che viene creato Costo di gestione discarica (U.F.:21213ton) viene richiamato dal processo principale per una quantità pari a 3077 ton/anno, in questo modo si tiene conto esclusivamente della quota parte di tali costi attribuiti allo smaltimento del "resto di cernita" proveniente dal TMB.

### **3.7.3 Valutazione degli impatti e analisi dei risultati**

L'analisi viene effettuata sul processo Waste Compound Baalbek (TMB) per 21900 ton di RSU in ingresso con il Metodo IMPACT 2002+ 060514 (da 080513) V2.10, modificato dal gruppo di studio LCA Working Group dell'Università UNIMORE, presso il quale è stato svolto lo studio.

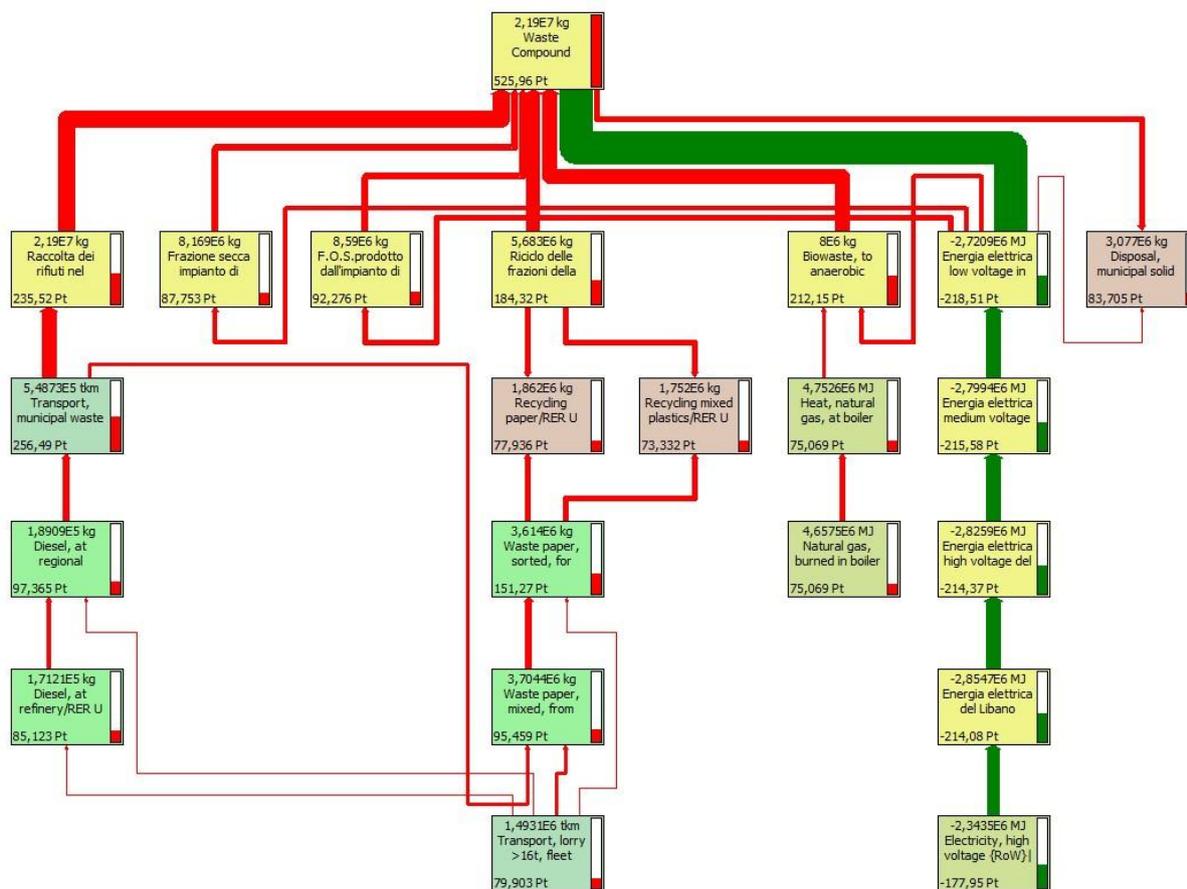


Figura 3. 3: Il network del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

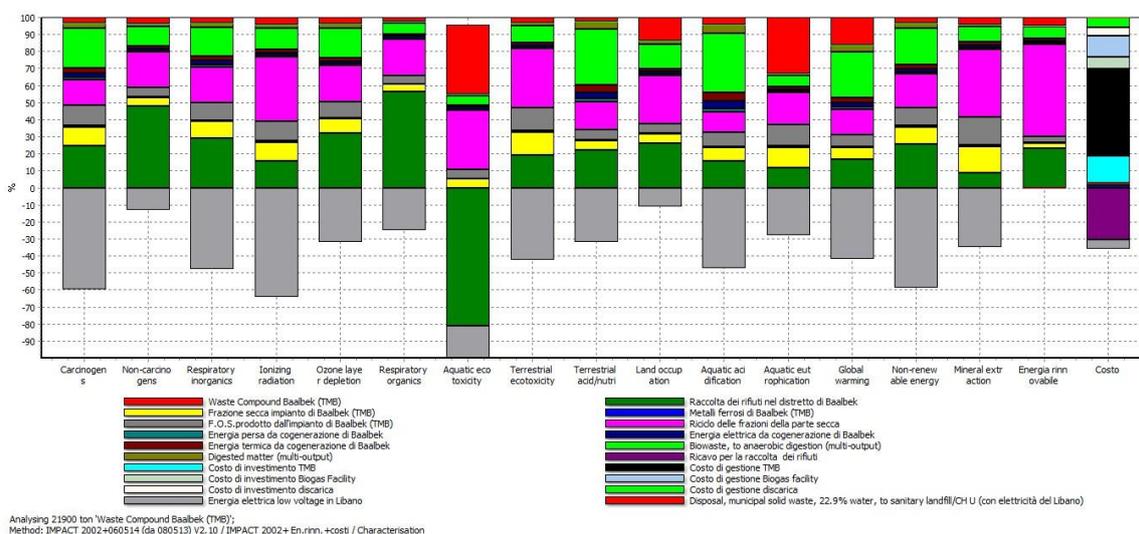


Figura 3. 4: Il diagramma della caratterizzazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Calculation: Analyse  
 Results: Impact assessment  
 Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Method: IMPACT 2002+060514 (da 080513) V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Characterisation  
 Skip categories: Never  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste Compound Baalbek (TMB)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Energia termica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di gestione TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Carcinogens	kg C2H3Cl eq	12543,583	0	7699,9288	3512,2357																
		254,09568	3693,2726	4719,987	419,59465	776,25011	902,1285														
		7309,8375	1018,6507	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		18837,62	1075,2214																		
Non-carcinogens	kg C2H3Cl eq	54127,43	0	29812,386	3317,7526																
		240,02564	3488,765	12792,586	434,72489	804,24105	934,65852														
		7252,4525	1010,6539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		8295,1896	2334,3739																		
Respiratory inorganics	kg PM2.5 eq	1710,9201	0	947,6337	326,04222																
		23,587801	342,84795	687,69383	42,59408	78,799047	91,577271														
		547,75633	76,331707	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		1573,2808	119,33695																		
Ionizing radiation	Bq C-14 eq	7033973,3	0	3059945,8	2158394,2																
		156150,87	2269647,9	7419152,1	178271,65	329802,55	383284,04														
		2466142,5	343665,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		12610810	880326,82																		
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	0,18956251	0	0,089111458																	
		0,0239774160	0,0017346666	0,0252133240	0,0597178980	0,00266207															
		0,0049248295	0,0057234505	0,0481592170	0,0067111506	0															
		0	0	0	0	-0,089712024	0,011339052														
Respiratory organics	kg C2H4 eq	1572,8727	0	1179,1808	92,56778																
		6,6968948	97,339154	454,88519	11,804329	21,838008	25,379307														
		135,10749	18,827689	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		524,80143	54,047471																		
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	-8900498,4	0	-1,5617702E8																	
		9758501,2	705987,07	10261500	67152977	1064349,3	1969046,3														
		2288351,1	11064752	1541910,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	-36642407	78111555																	
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	19219184	0	6414751,5																	
		4352026,1	314851,03	4576349,8	11507544	232720,78	430533,45														

	500349,68	3367744,3	469306,62	0	0	0	0	0	0
	0	-14047976	1100982,9						
Terrestrial acid/nutri kg SO2 eq	70960,05	0	22831,57	5978,1694					
	432,49575	6286,3121	16899,784	2101,0387	3886,9216	4517,2332			
	34104,49	4752,5767	0	0	0	0	0	0	-
	33543,211	2712,6689							
Land occupation m2org.arable	33354,517	0	9851,2551	2027,1644					
	146,65693	2131,6539	10633,718	300,02798	555,05176	645,06016			
	5306,6668	739,50207	0	0	0	0	0	0	-
	4232,8119	5250,5719							
Aquatic acidification kg SO2 eq	12132,973	0	3587,1181	1847,9727					
	133,69316	1943,2258	2711,4583	531,61655	983,49061	1142,9756			
	8018,2438	1117,3695	0	0	0	0	0	0	-
	10971,289	1087,0977							
Aquatic eutrophication kg PO4 P-lim	261,87125	0	43,083866						
	43,638748	3,1570824	45,888093	68,720416	2,2856871	4,2285212			
	4,9142273	24,809392	3,4572732	0	0	0	0	0	0
	0	-102,93966	120,62761						
Global warming kg CO2 eq	2088036,8	0	588463,43	250431,76					
	18117,698	263340,17	523154,81	52515,818	97154,264	112909,01			
	956612,25	133307,17	0	0	0	0	0	0	-
	1503085,7	595116,04							
Non-renewable energy MJ primary	15164652	0	9363597,7	3686254,8					
	266685,24	3876261,6	7164599,3	427810,9	791450,17	919793,44			
	7685526,7	1071004,3	0	0	0	0	0	0	-
	21435665	1347333,4							
Mineral extraction MJ surplus	45955,326	0	5963,5413	11001,228					
	795,89317	11568,282	28048,677	630,81125	1167,0008	1356,2442			
	6096,6966	849,5954	0	0	0	0	0	0	-
	24674,864	3152,221							
Energia rinnovabile MJ	310024,36	0	71941,628	9596,4261					
	694,26161	10091,071	168755,83	2156,8037	3990,0869	4637,128			
	20502,813	2857,1367	0	0	0	0	0	0	0
	14801,178								
Costo euro	594240,82	0	7424,1115	537,10367	7806,7848	0			
	350,208	647,8848	752,9472	6888,96	960	-284700			
	148031,67	472140	66666,667	112948	45113,378	56715,552			
	-48840	797,5584							

Tabella 3. 4: La tabella della caratterizzazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati della caratterizzazione si nota che:

- in **Carcinogens** il danno vale 12544 kg C2H3Cl eq ed è dovuto per il 69.61% a 5.0713E-6 kg di *Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo- p-* in aria (per il 66.63% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 98.35% a Steel I), per l'11.88% a 0.42138 kg di *Hydrocarbons, aromatic* in aria (per il 393.07% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 22.56% in Natural gas, at production onshore/NL. Al danno di tale processo si contrappone il vantaggio per il -1134.5% del processo Energia elettrica low voltage in Libano).
- In **Non-carcinogens** il danno vale 54127 kg C2H3Cl eq ed è dovuto per l'81.48% a *Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo- p-* in aria, per il 6.12% a 4.4761 kg di *Arsenic, ion*

in acqua (per il 53.9% in Riciclo della frazione della parte secca e, in particolare, per il 19.63% in Disposal, paper, 11.2% water to municipal incineration/CH).

- In **Respiratory inorganics** il danno vale 1710.9 kg PM2.5 eq ed è dovuto per il 44.93% a 6038.8 kg di *Nitrogen oxides* in aria (per il 65.66% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per l'86.2% in Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH), per il 29.4% a 502.95 kg di *Particulates, < 2.5µm* in aria (per il 61.89% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per l'89.09% in Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH), per il 18.41% a 2594.2 kg di *Ammonia* in aria (per il 70.71% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 99.83% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)), per l'8.13% a 259.74 kg di *Particulates, >2.5µm, and < 10 µm* in aria (per il 39.74% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 46.51% in Iron ore, 46% Fe, at mine/GLO).
- In **Ionizing radiation** il danno vale 7.034E6 Bq C-14 eq ed è dovuto per l'82.72% a 5.0914E10 Bq di *Radon-222* in aria (per l'81.47% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 97.62% in Tailings, uranium milling/GLO), per il 9.49% a 6.6748E5 Bq di *Carbon-14* in aria (per il 349.53% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per l'88.1% in Nuclear spent fuel, in reprocessing, at plant/RER. Al danno di tale processo si contrappone il vantaggio per il -1079.5% del processo Energia elettrica low voltage in Libano).
- In **Ozone layer depletion** il danno vale 0.18956 kg CFC-11 eq ed è dovuto per il 66.29% a 5.574E-5 kg di *Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301* in aria (per il 68.57% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 36.67% in Crude oil, at production onshore/RAF), per il 24.44% a 0.0077227 kg di *Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211* in aria (per il 70.63% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 62.2% in Transport, natural gas, pipeline, long distance/RU).
- In **Respiratory organics** il danno vale 1572.9 kg C2H4 eq ed è dovuto per il 96.12% a 2515.9 kg di *NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin* in aria (per il 74.5% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per l'83% in Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH).
- In **Aquatic ecotoxicity** il danno vale -8.9005E6 kg TEG water eq ed è dovuto per il -700.76% a -47144 kg di *Aluminium* in acqua (per il -272.43% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il -128.98% in ECCS steel sheet, che è il prodotto evitato del processo di riciclo dell'acciaio dei cassonetti che raccolgono i rifiuti. A tale proposito si deve osservare che il prodotto evitato usato nel processo di database per descrivere il riciclo dell'acciaio dei cassonetti non si allinea con la scelta che gli autori di questo studio hanno fatto riguardo al riciclo delle frazioni della parte secca.), per il -33.56% a -0.14615 kg di *Copper* nel suolo (per il -323.62% in Energia elettrica low voltage in Libano e, in particolare, per il -75.36% in Distribution network, electricity, low voltage {RoW}| construction| Alloc Def). A tale vantaggio contrasta il danno dovuto per il 264.76% a 6.74 kg di *Aluminium* nel suolo (per il

58.13% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 97.04% in Disposal, drilling waste, 71.5% water, to landfarming/CH (rifiuto ottenuto nell'estrazione del petrolio usato per il trasporto)), per il 114.94% a Aluminium in aria (per il 48.12% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 75.37% in Blasting/RER (nel riciclo della carta e della plastica)), per il 66.62% a 3441.8 kg di Zinc, ion in acqua (per il 54.27% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 95.08% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano)), per il 52.36% a 3875,1 kg di Copper, ion in acqua (per il 146.57% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 98.41% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano)), per il 37.19% a 1.1232 kg di Copper in aria (per il 60.25% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 48.08% in Operation, lorry>16t, fleet average/RER).

Si rende nota che i segni negativi attribuiti alle quantità delle sostanze emesse sono definiti dal codice nel caso esse provengano da un prodotto evitato.

- In **Terrestrial ecotoxicity** il danno vale 1.9219E7 kg TEG soil eq ed è dovuto per il 44.41% a 1.4437 kg di Zinc nel suolo (per il 64.27% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 91.66% in Operation, lorry>16t, fleet average/RER), per il 26.87% a Aluminium nel suolo, per il 16.5% a 3.1343 kg di Zinc in aria (per il 58.13% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 97.04% in Disposal, drilling waste, 71.5% water, to landfarming/CH (rifiuto ottenuto nell'estrazione del petrolio usato per il trasporto)), per il 13.65% a Aluminium in aria.
- In **Terrestrial acid/nutri** il danno vale 70960 kg SO<sub>2</sub> eq ed è dovuto per il 54.68% a Ammonia in aria e per il 46.7% a Nitrogen oxides in aria.
- In **Land occupation** il danno vale 33355 m<sup>2</sup>org.arable ed è dovuto per il 23.78% a 10291 m<sup>2</sup>a di Occupation, traffic area, road network (per il 56.64% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 97.8% in Sanitary landfill facility/CH/I), per il 21.73% a 313.36 m<sup>2</sup> di Transformation, to mineral extraction site (per il 50.98% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 90.38% in Well for exploration and production, onshore/GLO/I (trasformazione del territorio per l'estrazione del petrolio usato per il trasporto)), per il 14.42% a Transformation, from arable (per il 344.63% in Energia elettrica low voltage in Libano e, in particolare, per il 49.86% in Electricity, high voltage {DE}/heat and power cogeneration, biogas, gas engine | Alloc Def. Il valore positivo per una Transformation from, che rappresenta un recupero del territorio (e che quindi normalmente assume un valore negativo), è dovuto alla presenza dell'energia elettrica come prodotto evitato), per il 12.97% a 136.68 m<sup>2</sup> di Transformation, to arable, non irrigated (per il 62.27% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 48.41% in Green manure IP, until march/CH), per

l'11.85% a 170.97 m2 di Transformation, to industrial area, built up (per il 40.59% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 99.27% in Anaerobic digestion plant, biowaste/CH/I), per l'11.59% a 5021.8 m2a di Occupation, dump site (per il 92.52% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 99.39% in Process-specific burdens, sanitary landfill/CH), per il 10.73% a 154.73 m2 di Transformation, to dump site, sanitary landfill (per il 99.49% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 99.998% in Process-specific burdens, sanitary landfill/CH), per il 10.65% a 4612.4 m2a di Occupation, construction site (per il 39.09% in F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB) e, in particolare, per il 99.73% in Edificio del TMB di Imola), per il 10.39% a 4498.8 m2a di Occupation, industrial area, built up (per il 43.45% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il 50.42% in Waste paper sorting plant/RER/I (che rappresenta l'impianto dell'azienda che prepara il rifiuto carta all'estrazione delle fibre per la produzione della polpa di carta. Da inventario si può notare che l'azienda e i processi che trattano la plastica e la preparano alla raffinazione sono stati assunti uguali a quelli che trattano la carta). A tali danni contrastano i vantaggi dovuti per il -21.45% a -225.99 m2 di Transformation, to arable (per il -225.48% in Energia elettrica low voltage in Libano e, in particolare, per il -51.25% in Electricity, high voltage {DE}| heat and power co-generation, biogas, gas engine | Alloc Def, U), per il -19.77% a 212 m2 di Transformation, from pasture and meadow (per il -87.95% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il -82.56% in Process-specific burdens, sanitary landfill/CH), per il -10.89% a 114.79 m2 di Transformation, from arable, non irrigated (per il -74.08% in Riciclo delle frazioni della parte secca e, in particolare, per il -48.45% in Green manure IP, until march/CH), per il -10.73% a 154.73 m2 di Transformation, from dump site, sanitary landfill (per il -99.49% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il -99.998% in Process-specific burdens, sanitary landfill/CH).

- In **Aquatic acidification** il danno vale 12133 kg SO<sub>2</sub> eq ed è dovuto per il 40.2% a *Ammonia* in aria, per il 34.84% a *Nitrogen oxides* in aria, per il 30.48% a 1967.3 kg di *Hydrogen sulfide* in aria (per il 71.64% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 99.8% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)).
- In **Aquatic eutrophication** il danno vale 261.87 kg PO<sub>4</sub> P-lim ed è dovuto per il 52.17% a 547.18 kg di *Phosphate* in acqua (per il 35.04% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 93.84% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano)), per il 47.23% a 2.4813E5 kg di *COD, Chemical Oxygen Demand* in acqua (per il 58.67% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il

96.08% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano)).

- In **Global warming** il danno vale 2.088E6 kg CO<sub>2</sub> eq ed è dovuto per il 48.05% a 1.3202E5 kg di *Methane, biogenic* in aria (per il 48.04% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano) e, in particolare, per il 99.999% in Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH (con elettricità del Libano), per il 43.34% a 9.0501E5 kg di *Carbon dioxide, fossil* in aria (per il 63.92% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per l'82.62% in Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH), per il 6.46% a 864.7 kg di *Dinitrogen monoxide* in aria (per il 67.89% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 97.6% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)).
- In **Non-renewable energy** il danno vale 1.5165E7 MJ primary ed è dovuto per il 96.62% a 3.1992E5 kg di *Oil, crude, in ground* (per il 53.29% in Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek e, in particolare, per il 26.53% in Crude oil, at production onshore/RAF), per il 48.31% a 1.818E5 m<sup>3</sup> di *Gas, natural, in ground* (per il 56.95% in Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) e, in particolare, per il 35.71% in Natural gas, at production onshore/RU). A tali danni si contrappongono i vantaggi ottenuti per il -37.18% a -1.2309E5 kg di *Oil, crude* (per il 215.4% in Energia elettrica low voltage in Libano e, in particolare, per il -55.46% in Petroleum {RoW}| and gas production, off-shore|Alloc Def) e per il -22.39% a -84234 m<sup>3</sup> di *Gas, natural/m<sup>3</sup>* (per il -215.4% in Energia elettrica low voltage in Libano e, in particolare, per il 27.8% in Petroleum {RoW}| and gas production, off-shore|Alloc Def).
- In **Mineral extraction** il danno vale 45955 MJ surplus ed è dovuto per il 65,17% a 875.73 kg di *Nickel, 1,98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground* (per il 66.5% in Riciclo della frazione della parte secca e, in particolare, per il 99.987% in Ferronickel, 25%Ni, at plant/GLO), per il 24.54% a 269.16 kg di *Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground* (per il 45.74% in F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB) e, in particolare, per l'85.41% in Copper concentrate, at beneficiation/GLO), per il 14,8% a 6785.9 m<sup>3</sup> di *Water, cooling, unspecified natural origin/m<sup>3</sup>* (per il 50.48% in Riciclo della frazione della parte secca e, in particolare, per il 10.83% in Glass cullet, sorted, at sorting plant/RER).
- L'**Energia rinnovabile** usata vale 3.1002E5 MJ ed è dovuta per il 73.79% a 2.2877E5 MJ di *Energy, potential (in hydropower reservoir), converted* (per il 50.9% in Riciclo della frazione della parte secca e, in particolare, per il 49.58% in Electricity, hydropower, at run-of-river power plant/RER), per il 20.63% a 63951 MJ di *Energy, gross calorific value, in biomass* (per il 65.92% in Riciclo della frazione della parte secca e, in particolare, per il 113.65% in Softwood, standing, under bark, in forest/RER).

- Il **Costo** interno del processo vale 5.9424E5 € ed è dovuto per il 79.45% al Costo di gestione TMB, a cui si contrappone per il -47.91% il Ricavo per la raccolta dei rifiuti e per il -8.22% il costo in Energia elettrica low voltage in Libano (prodotto evitato).

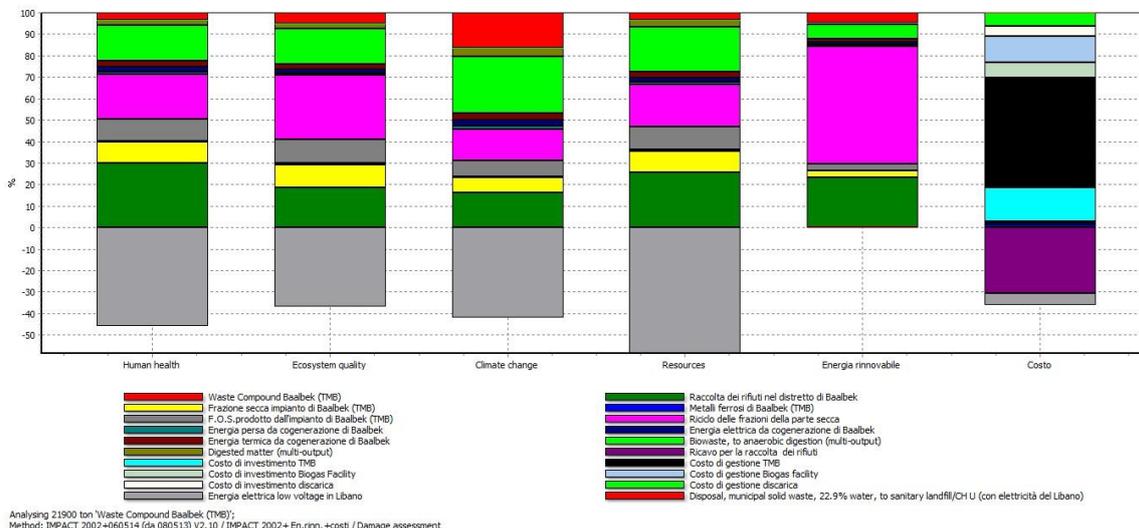


Figura 3. 5: Il diagramma di damage assessment del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 19/06/2014 Time: 9.53.55  
 Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
 Results: Impact assessment  
 Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Method: IMPACT 2002+060514 (da 080513) V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Damage assessment  
 Skip categories: Never  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category Unit Total Waste Compound Baalbek (TMB) Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek Frazione secca impianto di Baalbek (TMB) Metalli ferrosi di Baalbek (TMB) F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB) Riciclo delle frazioni della parte secca Energia persa da cogenerazione di Baalbek Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek Energia termica da cogenerazione di Baalbek Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) Digested matter (multi-output) Ricavo per la raccolta dei rifiuti Costo di investimento TMB Costo di gestione TMB Costo di investimento Biogas Facility Costo di gestione Biogas facility Costo di investimento discarica Costo di gestione discarica Energia elettrica low voltage in Libano Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie,  
quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Carcinogens DALY	0,0351220320	0,0215598010	0,0098342599						
	0,0007114679	0,0103411630	0,0132159640	0,0011748650	0,0021735003				
	0,0025259598	0,0204675450	0,0028522220	0	0	0	0		
	0	0	-0,052745336	0,00301062					
Non-carcinogens DALY	0,1515568	0	0,08347468	0,0092897074					
	0,00067207178	0,0097685421	0,0358192410	0,0012172297					
	0,0022518749	0,0026170438	0,0203068670	0,0028298310	0				
	0	0	0	0	-0,023226531	0,006536247			
Respiratory inorganics DALY	1,1976441	0	0,66334359	0,22822955					
	0,0165114610	0,23999356	0,48138568	0,0298158560	0,0551593330	0,06410409			
	0,38342943	0,0534321950	0	0	0	0	0	0	-
	1,1012965	0,083535865							
Ionizing radiation DALY	0,0014771344	0	0,00064258861						
	0,00045326279	3,2791682E-5	0,00047662606	0,001558022					
	3,7437046E-5	6,9258536E-5	8,0489649E-5	0,00051788992					
	7,2169722E-5	0	0	0	0	0	0	-	
	0,0026482702	0,00018486863							
Ozone layer depletion DALY	0,00019904063	0	9,356703E-5						
	2,5176287E-5	1,8213999E-6	2,647399E-5	6,2703793E-5					
	2,7951735E-6	5,1710709E-6	6,009623E-6	5,0567178E-5					
	7,0467082E-6	0	0	0	0	0	0	-	
	9,4197625E-5	1,1906004E-5							
Respiratory organics DALY	0,0033502189	0	0,0025116551						
	0,00019716937	1,4264386E-5	0,0002073324	0,00096890547					
	2,514322E-5	4,6514957E-5	5,4057923E-5	0,00028777896					
	4,0102977E-5	0	0	0	0	0	0	-	
	0,0011178270	0,00011512111							
Aquatic ecotoxicity PDF*m2*yr	-446,80502	0	-7840,0864	489,87676					
	35,440551	515,12729	3371,0794	53,430337	98,846124	114,87523			
	555,45054	77,403921	0	0	0	0	0	0	-
	1839,4488	3921,2001							
Terrestrial ecotoxicity PDF*m2*yr	152023,75	0	50740,684						
	34424,527	2490,4717	36198,927	91024,676	1840,8214	3405,5196			
	3957,766	26638,858	3712,2154	0	0	0	0	0	0
	0	-111119,49	8708,7746						
Terrestrial acid/nutri PDF*m2*yr	73798,452	0	23744,833	6217,2962					
	449,79558	6537,7646	17575,776	2185,0802	4042,3985	4697,9225			
	35468,67	4942,6797	0	0	0	0	0	0	-
	34884,939	2821,1757							
Land occupation PDF*m2*yr	36356,424	0	10737,868	2209,6092					
	159,85605	2323,5027	11590,753	327,0305	605,00642	703,11557			
	5784,2669	806,05725	0	0	0	0	0	0	-
	4613,765	5723,1234							
Aquatic acidification ?	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0								
Aquatic eutrophication ?	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0								
Global warming kg CO2 eq	2088036,8	0	588463,43	250431,76					
	18117,698	263340,17	523154,81	52515,818	97154,264	112909,01			
	956612,25	133307,17	0	0	0	0	0	0	-
	1503085,7	595116,04							
Non-renewable energy MJ primary	15164652	0	9363597,7	3686254,8					
	266685,24	3876261,6	7164599,3	427810,9	791450,17	919793,44			

	7685526,7	1071004,3	0	0	0	0	0	0	0	-
	21435665	1347333,4								
Mineral extraction			MJ primary	45955,326	0	5963,5413	11001,228			
	795,89317	11568,282		28048,677	630,81125	1167,0008	1356,2442			
	6096,6966	849,5954		0	0	0	0	0	0	-
	24674,864	3152,221								
Energia rinnovabile			MJ	310024,36	0	71941,628	9596,4261			
	694,26161	10091,071		168755,83	2156,8037	3990,0869	4637,128			
	20502,813	2857,1367		0	0	0	0	0	0	0
	14801,178									
Costo euro	594240,82	0		0	7424,1115	537,10367	7806,7848	0		
	350,208	647,8848		752,9472	6888,96	960	-284700			
	148031,67	472140		66666,667	112948	45113,378	56715,552			
	-48840	797,5584								

Tabella 3. 5: La tabella di damage assessment del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati del damage assessment si nota che:

- in **Human health** il danno vale 1.3893 DALY dovuto per il 38.73% a *Nitrogen oxides* in aria, per il 25.34% a *Particulates*, <2.5µm in aria, per il 15.9% ad *Ammonia* in aria, per il 10.65% a *Dioxin*, 2,3,7,8 *Tetrachlorodibenzo-p-* in aria. Il processo che produce il danno massimo è Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek (0.77163 DALY, per il 55.54%). La categoria di impatto che produce il danno massimo è Respiratory inorganics (1.1976 DALY, per l'86.2%).
- In **Ecosystem quality** il danno vale 2.6173E5 PDFm2yr dovuto per il 25.84% a *Zinc* nel suolo, per il 15.9% ad *Alluminium* nel suolo, per il 15.5% ad *Ammonia* in aria, per il 13.17% a *Nitrogen oxides* in aria, per il 9.6% a *Zinc* in aria. Il processo che produce il danno massimo è Riciclo delle frazioni della parte secca (1.2356E5 PDFm2yr, per il 47.21%). La categoria di impatto che produce il danno massimo è Terrestrial ecotoxicity (1.5202E5 PDFm2yr, per il 58.1%).
- In **Climate change** il danno vale 2.088E6 kgCO2eq. Il processo che produce il danno massimo è Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) (9.5661E5 kgCO2eq, per il 45.81%).
- In **Resources** il danno vale 1.5211E7 MJ primary dovuto per il 96.33% a *Oil, crude, in ground*, per il 48.17% a *Gas, natural, in ground*. Il processo che produce il danno massimo è Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek (9.3696E6 MJ primary, per il 61.6%). La categoria di impatto che produce il danno massimo è Non renewable energy (2.5119E7 MJ primary, per il 99.7%).

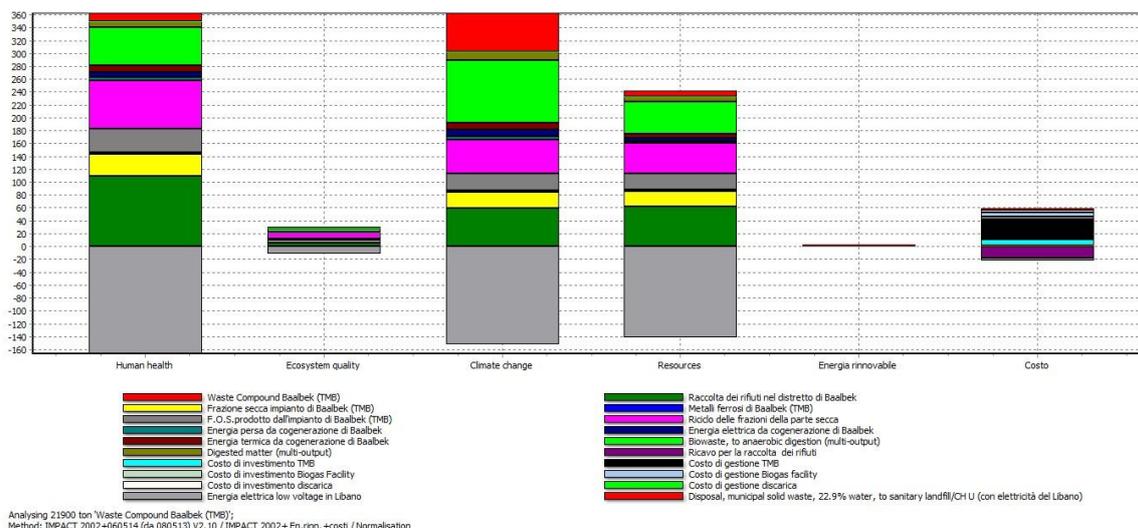


Figura 3. 6: Il diagramma della normalizzazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 19/06/2014 Time: 9.53.40  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Impact assessment  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060514 (da 080513) V2.10 / IMPACT 2002+En.rinn.+costi  
Indicator: Normalisation  
Skip categories: Never  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No  
Per impact category: Yes  
Sorted on item: Impact category  
Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste Compound Baalbek (TMB)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Energia termica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione TMB	Costo di gestione Biogas facility	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Carcinogens		4,9522065	0	3,0399319	1,3866306	0,10031697														
		1,458104	1,8634509	0,16565597	0,30646354	0,35616033	2,8859238													
		0,4021633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7,4370924							
		0,42449742																		

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Non-carcinogens	21,369509	0	11,76993	1,3098487					
0,0947621211,3773644	5,050513	0,17162939	0,31751437	0,36900318					
2,8632683	0,39900617	0	0	0	0	0	0	0	-
3,2749409	0,92161082								
Respiratory inorganics	168,86781	0	93,531446	32,180367					
2,328116	33,839093	67,875381	4,2040356	7,7774659	9,0386766				
54,063549	7,5339394	0	0	0	0	0	0	0	-
155,28281	11,778557								
Ionizing radiation	0,20827595	0	0,090604994	0,063910053					
0,0046236271	0,067204274	0,21968109	0,0052786235						
0,0097654535	0,011349041	0,073022479	0,0101759310	0	0				
0	0	0	-0,3734061	0,026066477					
Ozone layer depletion	0,0280647290	0,0131929510	0,0035498565						
0,00025681739	0,0037328326	0,0088412348	0,00039411946						
0,0007291210,00084735684	0,0071299721	0,00099358585	0						
0	0	0	-0,013281865	0,0016787466					
Respiratory organics	0,47238086	0	0,35414337	0,027800881					
0,0020112784	0,029233868	0,13661567	0,0035451940	0,006558609					
0,0076221672	0,040576833	0,0056545197	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	-0,15761361	0,016232077					
Aquatic ecotoxicity	-0,032616767	0	-0,57232631						
0,0357610030,0025871602	0,037604292	0,2460888	0,0039004146						
0,0072157670,0083858914	0,040547889	0,0056504862	0	0					
0	0	0	-0,134279760,2862476						
Terrestrial ecotoxicity	11,097734	0	3,7040699	2,5129905					
0,18180443	2,6425217	6,6448013	0,13437996	0,24860293	0,28891692				
1,9446366	0,27099172	0	0	0	0	0	0	0	-
8,1117229	0,63574054								
Terrestrial acid/nutri	5,387287	0	1,7333728	0,45386262					
0,0328350770,47725681	1,2830316	0,15951086	0,29509509	0,34294834					
2,5892129	0,36081562	0	0	0	0	0	0	0	-
2,5466006	0,20594583								
Land occupation	2,6540189	0	0,78386437	0,16130147					
0,0116694920,1696157	0,84612495	0,0238732260,044165469							
0,0513274370,42225148	0,05884218	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-0,336804840,41778801								
Aquatic acidification	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0									
Aquatic eutrophication	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0									
Global warming	210,89171	0	59,434806	25,293607	1,8298875				
26,597358	52,838636	5,3040976	9,8125806	11,40381	96,617837				
13,464024	0	0	0	0	-151,81165				
60,10672									
Non-renewable energy	99,783413	0	61,612473	24,255557					
1,7547889	25,505801	47,143063	2,8149957	5,2077421	6,0522408				
50,570766	7,0472082	0	0	0	0	0	0	0	-
141,04668	8,8654538								
Mineral extraction	0,30238605	0	0,0392401020,072388078						
0,0052369771	0,0761192960,18456029	0,0041507380,0076788654							
0,0089240868	0,0401162630,0055903377	0	0	0	0				
0	0	0	-0,1623606	0,020741614					
Energia rinnovabile	2,7424755	0	0,63639565	0,084889985					
0,0061414382	0,08926561	1,4928141	0,0190790860,035296309						

	0,0410200340	0,18136788	0,0252742310	0	0	0	0	0
	0	0	0,13093122					
Costo	38,353687	0	0	0,47916946	0,0346659220	0,50386808	0	
	0,02260324	0,0418159950	0,0485969670	0,44462953	0,061960637	-18,375201		
	9,5543087	30,473016	4,302822	7,2899271	2,9117225	3,6605539		
	-3,1522474	0,051476277						

Tabella 3. 6: La tabella della normalizzazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati della normalizzazione si nota che:

- in **Human health** il danno è 195.9 volte il danno subito dalla popolazione europea a causa delle attività umane in Europa, in un anno, riferito al singolo cittadino europeo.
- In **Ecosystem Quality** il danno è 19.11 volte quello subito dalle specie vegetali europee a causa delle attività umane in Europa, in un anno, riferito al singolo cittadino europeo.
- In **Climate change** il danno sul riscaldamento globale è 210.89 volte quello prodotto dalle attività umane in Europa, in un anno, riferito al singolo cittadino europeo.
- In **Resources** il danno è 100.09 il danno prodotto sull'esaurimento delle risorse a causa delle attività umane in Europa, in un anno, riferito al singolo cittadino europeo.
- L'**Energia rinnovabile** è 2.7425 volte l'energia consumata in Europa, riferita al singolo cittadino europeo.
- Il **Costo** è 38.354 volte lo stipendio medio del cittadino europeo.

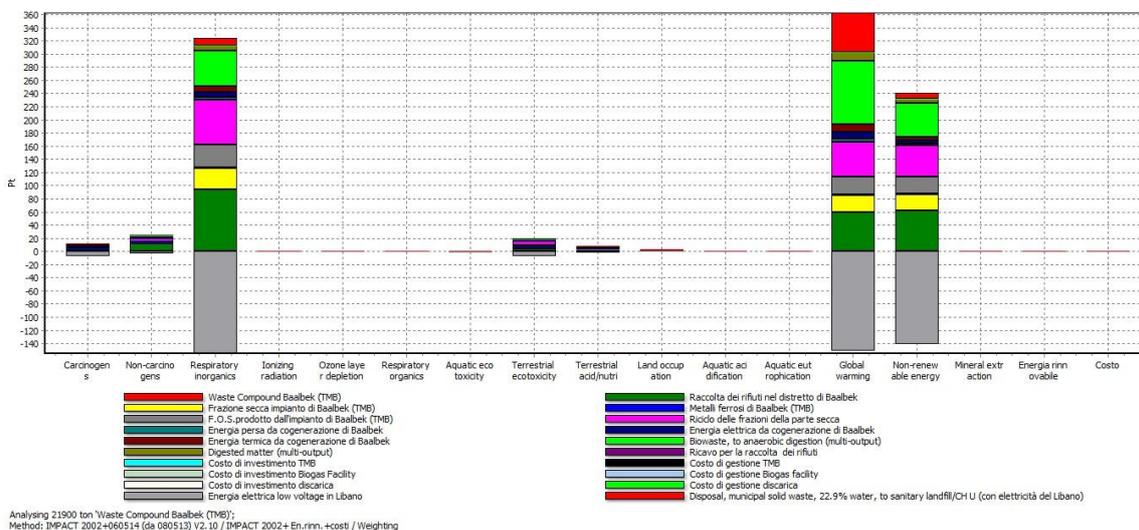


Figura 3. 7: Il diagramma della valutazione per impact category del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

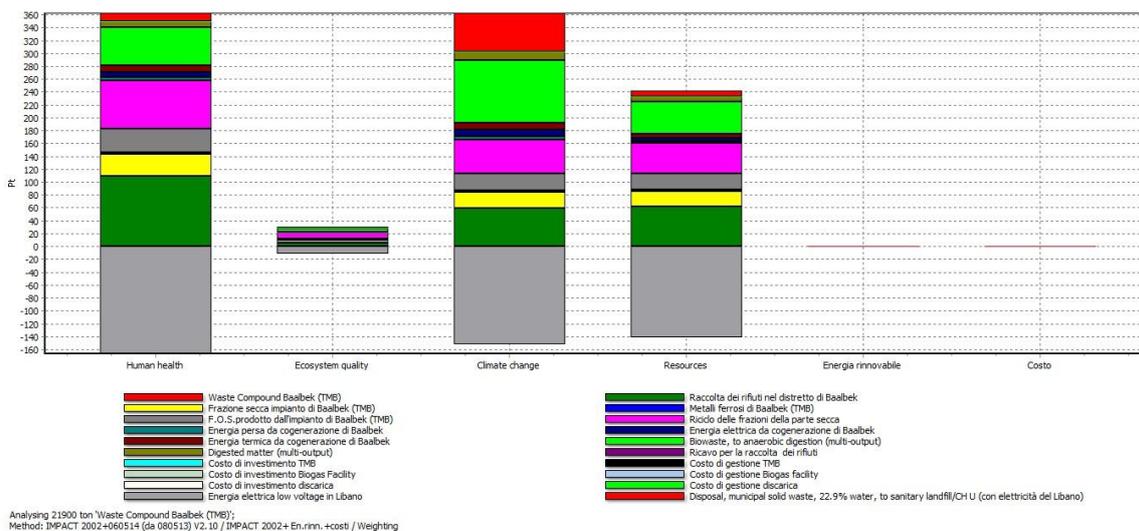


Figura 3. 8: Il diagramma della valutazione per damage category del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

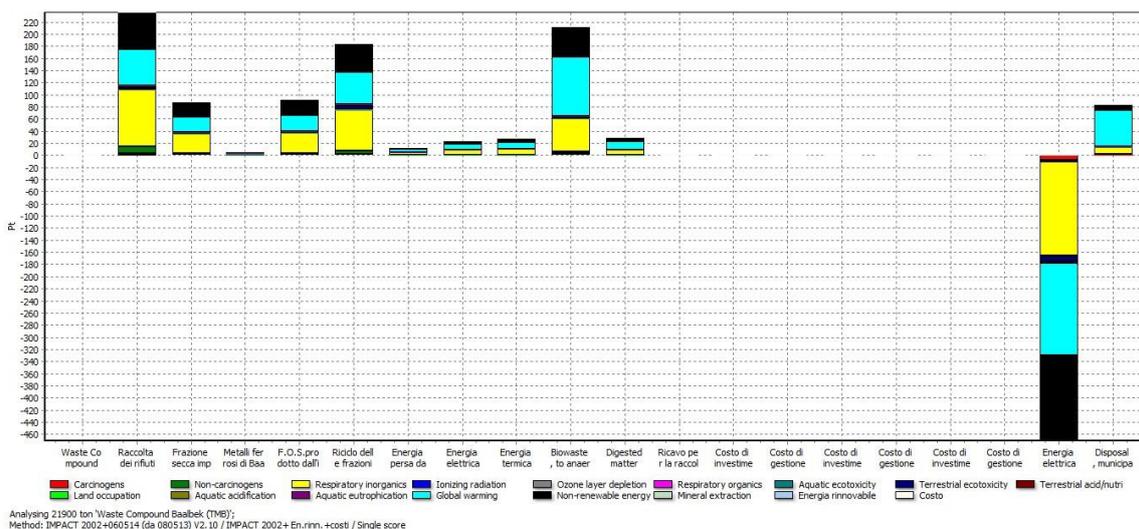


Figura 3. 9: Il diagramma della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 19/06/2014 Time: 9.53.17  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Impact assessment  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060514 (da 080513) V2.10 / IMPACT 2002+En.rinn.+costi  
Indicator: Single score  
Skip categories: Never  
Default units: Yes

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie,  
 quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste	Compound Baalbek (TMB)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Energia termica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di gestione TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Total	Pt	525,98219	0	235,53475	87,757575	6,3488964	92,281009	184,34079	12,995448	24,041578	27,940212	212,15884	29,565056	0	0	0	0	0	0	-470,68924	83,70728	
Carcinogens	Pt	4,9522065	0	3,0399319	1,3866306	0,10031697		1,458104	1,8634509	0,16565597	0,30646354	0,35616033	2,8859238	0,4021633	0	0	0	0	0	0	-7,4370924	
		0,42449742																				
Non-carcinogens	Pt	21,369509	0	11,76993	1,3098487			0,09476212	11,3773644	5,050513	0,17162939	0,31751437	0,36900318	2,8632683	0,39900617	0	0	0	0	0	0	-
		3,2749409	0,92161082																			
Respiratory inorganics	Pt	168,86781	0	93,531446	32,180367			2,328116	33,839093	67,875381	4,2040356	7,7774659	9,0386766	54,063549	7,5339394	0	0	0	0	0	0	-
		155,28281	11,778557																			
Ionizing radiation	Pt	0,20827595	0	0,09060499	40,063910053			0,0046236271	0,067204274	0,21968109	0,0052786235			0,0097654535	0,011349041	0,073022479	0,0101759310	0	0			
		0	0																			
Ozone layer depletion	Pt	0,028064729	0	0,013192951	0,0035498565			0,00025681739	0,0037328326	0,0088412348	0,00039411946			0,000729121	0,00084735684	0,0071299721	0,00099358585	0				
		0	0																			
Respiratory organics	Pt	0,47238086	0	0,35414337	0,027800881			0,0020112784	0,029233868	0,13661567	0,003545194	0,006558609		0,0076221672	0,040576833	0,0056545197	0	0	0	0	0	
		0	0																			
Aquatic ecotoxicity	Pt	-0,032616767	0	-0,57232631				0,035761003	0,0025871602	0,037604292	0,2460888	0,0039004146		0,007215767	0,0083858914	0,040547889	0,0056504862	0	0			
		0	0																			
Terrestrial ecotoxicity	Pt	11,097734	0	3,7040699	2,5129905			0,18180443	2,6425217	6,6448013	0,13437996	0,24860293	0,28891692	1,9446366	0,27099172	0	0	0	0	0	0	-
		8,1117229	0,63574054																			

Terrestrial acid/nutri Pt	5,387287	0	1,7333728	0,45386262						
	0,0328350770	0,47725681	1,2830316	0,15951086	0,29509509	0,34294834				
	2,5892129	0,36081562	0	0	0	0	0	0	0	-
	2,5466006	0,20594583								
Land occupation Pt	2,6540189	0	0,78386437	0,16130147						
	0,0116694920	0,1696157	0,84612495	0,0238732260	0,044165469					
	0,0513274370	0,42225148	0,05884218	0	0	0	0	0	0	0
	0	-0,336804840	0,41778801							
Aquatic acidification Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Aquatic eutrophication Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Global warming Pt	210,89171	0	59,434806	25,293607	1,8298875					
	26,597358	52,838636	5,3040976	9,8125806	11,40381	96,617837				
	13,464024	0	0	0	0	-151,81165				
	60,10672									
Non-renewable energy Pt	99,783413	0	61,612473	24,255557						
	1,7547889	25,505801	47,143063	2,8149957	5,2077421	6,0522408				
	50,570766	7,0472082	0	0	0	0	0	0	0	-
	141,04668	8,8654538								
Mineral extraction Pt	0,30238605	0	0,0392401020	0,072388078						
	0,0052369771	0,0761192960	0,18456029	0,0041507380	0,0076788654					
	0,0089240868	0,0401162630	0,0055903377	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	-0,1623606	0,020741614						
Energia rinnovabile Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Costo Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3. 7: La tabella della valutazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

- il danno totale vale 525.98Pt ed è dovuto per il 44.78% a Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek, per il 16.79% Frazione secca impianto di Baalbek (TMB), per l'1.21% a Metalli ferrosi di Baalbek (TMB), per il 17.55% a F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB), per il 35.05% a Riciclo delle frazioni della parte secca, per il 2.47% a Energia persa da cogenerazione di Baalbek, per il 4.57% a Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek, per il 5.31% a Energia termica da cogenerazione di Baalbek, per il 40.34% a Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output), per il 5.62% a Digested matter (multi-output), per il -89.49% a Energia elettrica low voltage in Libano (prodotto evitato), per il 10.91% a Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano).
- Inoltre il danno è dovuto per il 37.24% a **Human Health**, per il 3.63% a **Ecosystem quality**, per il 40.1% a **Climate change** e per il 19.03% a **Resources**.

### 3.7.3.1 Conclusioni sui risultati dell'analisi LCA

Dai risultati ottenuti dall'analisi LCA si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il danno totale vale 525.98Pt.

- Il processo che produce il danno maggiore è quello che riguarda la raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek (soprattutto a causa dei trasporti), seguito da quello che considera il trattamento dei rifiuti da digestione anaerobica (in particolare a causa dell'allocazione economica del processo multi-output che attribuisce alla funzione di trattamento del rifiuto il 71.76% delle emissioni) e da quello che considera il riciclo delle frazioni della parte secca (in particolare a causa dei trasporti necessari per raggiungere gli impianti di trattamento).
- Il danno viene ridotto dalla presenza di una parte di energia elettrica, che viene prodotta dalla combustione del biogas ma non viene consumata né dall'impianto di trattamento anaerobico, né dal Trattamento Meccanico Biologico, né dalla discarica.
- La categoria di danno con valore maggiore è il riscaldamento globale, seguita dal danno alla salute umana e dall'esaurimento delle risorse.
- Le principali cause del danno sono determinate dai trasporti per la raccolta dei rifiuti.

### **3.7.4 Analisi di sensibilità**

#### **3.7.4.1 Analisi dei risultati tenendo conto dei vantaggi sociali**

##### **3.7.4.1.1 Modifiche al metodo IMPACT 2002+**

Vengono presentate le modifiche apportate al metodo IMPACT 2002+ v.10 che hanno portato alla versione IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10.

##### **3.7.4.1.1.1 I vantaggi sociali**

Per tener conto dei vantaggi sociali sono stati creati i seguenti indicatori.

###### **3.7.4.1.1.1.1 Occupazione**

E' stata introdotta la categoria di impatto **Occupazione** con unità di misura p e con la substance *Posto di lavoro* con coefficiente di caratterizzazione 1.

E' stata creata la categoria di danno **Occupazione** con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso del numero di posti di lavoro della popolazione libanese stimato pari a  $4.73082E-7$ . Tale valore è stato calcolato partendo dal totale della popolazione libanese che è pari a  $4'227'597$  abitanti e stimando i posti di lavoro sulla base dell'ipotesi che il numero di componenti medi di una famiglia libanese sia di 4 persone e che in media 2 di tali componenti abbiano un posto di lavoro:  $4227597/4*2=2113798.5$  posti di lavoro.

Tale categoria viene valutata con un fattore di peso 100.

Il dato di input è il numero di posti di lavoro, misurati in p, relativi all'intero processo studiato.

###### **3.7.4.1.1.1.2 Funzione**

E' stata introdotta la categoria di impatto **Funzione** con unità di misura p e con le substances:

---

*Alimentazione con coefficiente di caratterizzazione: 1*

*Funzione domestica: 0.9*

*Funzione ludica: 0.5*

*Funzione pubblica: 0.6*

*Funzione religiosa: 0.6*

*Funzione della gestione dei rifiuti 0.8*

*Istruzione 0.8*

*Sanità 0.8*

E' stata creata la categoria di danno **Funzione** con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso del massimo valore che può essere raggiunto in base alle funzioni considerate pari a  $1/6=0.16667$ .

Tale categoria viene valutata con un fattore di peso 100.

Il dato di input sono la/le funzione/i del sistema studiato (per esempio la gestione dei rifiuti nel caso di Baalbek).

#### *3.7.4.1.1.3 Modalità di gestione dei rifiuti*

E' stata introdotta la categoria di impatto **Modalità di gestione dei rifiuti** con unità di misura p e con le substances:

*Abbandono dei rifiuti nell'ambiente con coefficiente di caratterizzazione: 0*

*Trattamento dei rifiuti: 1*

*Discarica: 0.5*

*Produzione di energia elettrica da rifiuti: 0.5*

*Incenerimento dei rifiuti: 0.2*

*Riciclo dei rifiuti: 1*

*Raccolta dei rifiuti: 1*

E' stata creata la categoria di danno **Modalità di gestione dei rifiuti** con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso del valore massimo del vantaggio ottenibile che risulta pari a  $1/3=0.3333$ . Il valore massimo si ottiene nel caso in cui la raccolta e il trattamento siano pari a 1 perché avvengono per il 100% dei rifiuti in ingresso e il riciclo valga 1 nel caso che tutto il rifiuto venga riciclato. Nel caso in cui la produzione di biogas dall'umido venga considerato come riciclo (in tal caso il prodotto secondario del riciclo è considerato il biogas) allora il valore massimo diventa 3.5, per effetto della produzione di energia che ha come fattore di caratterizzazione 0.5.

Tale categoria viene valutata con un fattore di peso 100.

I dati di input sono le frazioni di rifiuto in ingresso al sistema che subiscono i trattamenti indicati dalle diverse sostanze.

### 3.7.4.1.2 Analisi dei risultati coi vantaggi sociali

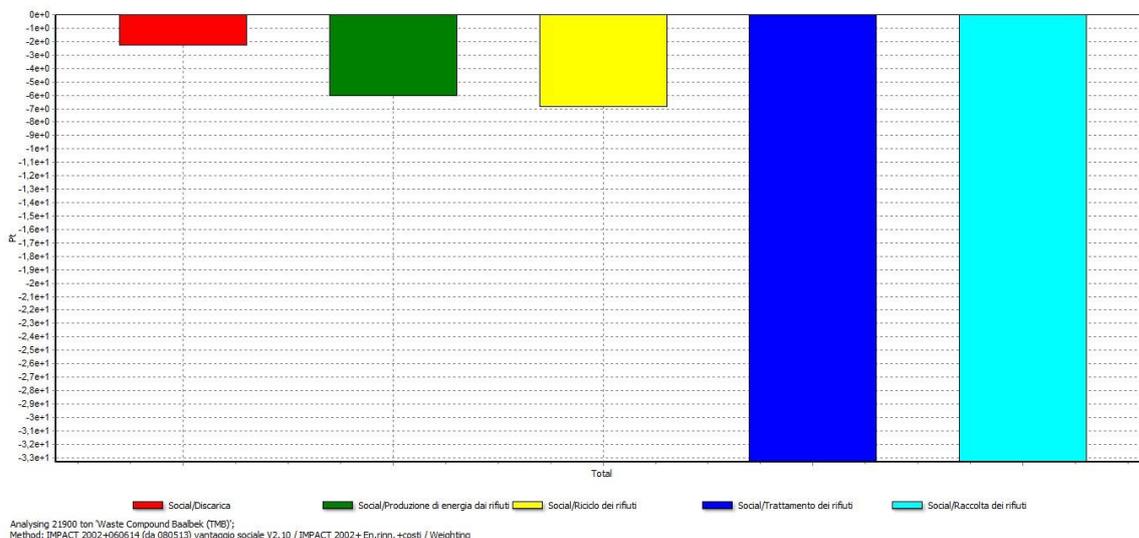


Figura 3. 10: Il diagramma della valutazione del vantaggio sociale dovuto alla Modalità di gestione dei rifiuti nel processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Specification per substance of "Waste Compound Baalbek (TMB)" Date: 06/06/2014 Time: 16.35.42  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Specification per substance  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
Indicator: Weighting  
Compartment: All compartments  
Per sub-compartment: No  
Skip unused: Yes  
Category: Modalità di gestione dei rifiuti  
Cut-off: 0%  
Default units: No  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No  
Per impact category: No  
Sorted on item: Substance  
Sort order: Ascending

No Substance Compartment Unit Total Waste Compound Baalbek (TMB)  
Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek Frazione secca  
impianto di Baalbek (TMB) Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)  
F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB) Riciclo delle  
frazioni della parte secca Biogas, from biowaste, at storage (multi-  
output) Electricity, at cogen with biogas engine, allocation  
exergy/CH U (Biogas, from biowaste) Heat, at cogen with biogas  
engine, allocation exergy/CH U (Biogas, from biowaste) Biowaste, to  
anaerobic digestion (multi-output) Digested matter (multi-output)

	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di gestione TMB	Costo di investimento TMB	Costo di gestione Biogas Facility	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
	Total of all compartments		Pt	-82,01577	-82,01577	0	0	0	0	0
1	Discarica	Social	Pt	-2,3416813	-2,3416813	0	0	0	0	0
2	Produzione di energia dai rifiuti	Social	Pt	-6,0882192	-6,0882192	0	0	0	0	0
3	Raccolta dei rifiuti	Social	Pt	-33,333	-33,333	0	0	0	0	0
4	Riciclo dei rifiuti	Social	Pt	-6,9198699	-6,9198699	0	0	0	0	0
5	Trattamento dei rifiuti	Social	Pt	-33,333	-33,333	0	0	0	0	0

Tabella 3. 8: La tabella della valutazione del vantaggio sociale dovuto alla Modalità di gestione dei rifiuti nel processo Waste Compound Baalbek (TMB)

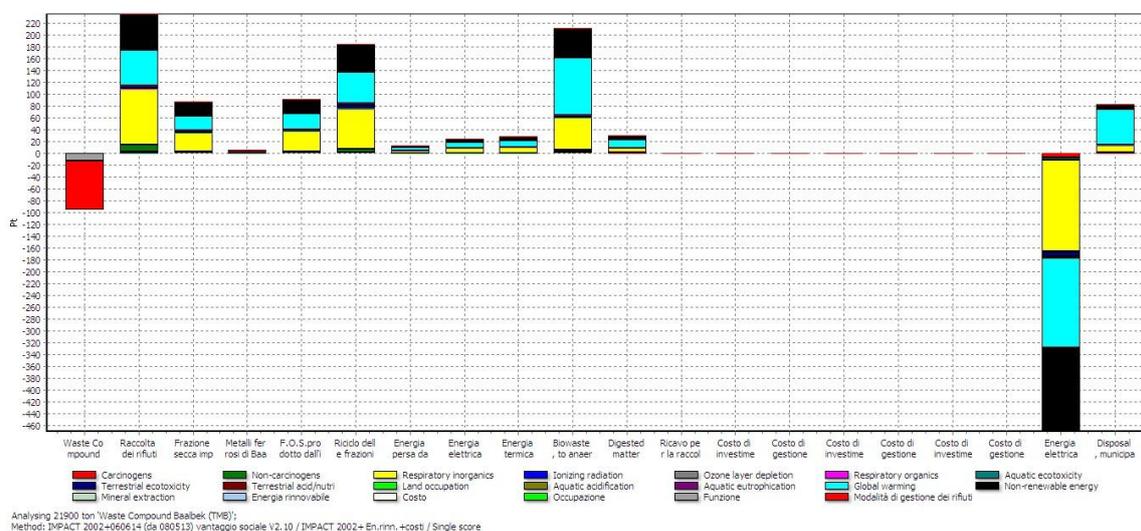


Figura 3. 11: Il diagramma della valutazione per single score del danno tenendo conto del vantaggio sociale dovuto alla gestione dei rifiuti nel processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 16.44.40  
 Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
 Results: Impact assessment  
 Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie,  
quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

---

Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 /  
 IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Single score  
 Skip categories: Never  
 Default units: Yes  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste	Compound Baalbek (TMB)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Energia termica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di gestione TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Total	Pt	430,63149	-95,350695	235,53475	87,757575	6,3488964																
		92,281009	184,34079	12,995448	24,041578	27,940212	212,15884															
		29,565056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-470,68924									
		83,70728																				
Carcinogens	Pt	4,9522065	0	3,0399319	1,3866306	0,10031697																
		1,458104	1,8634509	0,16565597	0,30646354	0,35616033	2,8859238															
		0,4021633	0	0	0	0	-7,4370924															
		0,42449742																				
Non-carcinogens	Pt	21,369509	0	11,76993	1,3098487																	
		0,09476212	11,3773644	5,050513	0,17162939	0,31751437	0,36900318															
		2,8632683	0,39900617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-									
		3,2749409	0,92161082																			
Respiratory inorganics	Pt	168,86781	0	93,531446	32,180367																	
		2,328116	33,839093	67,875381	4,2040356	7,7774659	9,0386766															
		54,063549	7,5339394	0	0	0	0	0	0	0	0	-										
		155,28281	11,778557																			
Ionizing radiation	Pt	0,20827595	0	0,09060499	40,063910053																	
		0,0046236271	0,067204274	0,21968109	0,0052786235																	
		0,0097654535	0,011349041	0,073022479	0,0101759310	0	0															
		0	0	-0,3734061	0,026066477																	
Ozone layer depletion	Pt	0,0280647290	0,0131929510	0,0035498565																		
		0,00025681739	0,0037328326	0,0088412348	0,00039411946																	
		0,0007291210	0,00084735684	0,0071299721	0,00099358585	0																
		0	0	0	-0,013281865	0,0016787466																
Respiratory organics	Pt	0,47238086	0	0,35414337	0,027800881																	
		0,0020112784	0,0292338680	0,13661567	0,0035451940	0,006558609																
		0,0076221672	0,0405768330	0,0056545197	0	0	0	0														
		0	0	-0,157613610	0,16232077																	
Aquatic ecotoxicity	Pt	-0,032616767	0	-0,57232631																		
		0,0357610030	0,0025871602	0,0376042920	0,2460888	0,0039004146																

		0,0072157670,0083858914		0,0405478890,0056504862	0	0			
		0 0 0 0 0		-0,134279760,2862476					
Terrestrial ecotoxicity	Pt	11,097734	0	3,7040699	2,5129905				
		0,18180443 2,6425217	6,6448013	0,13437996	0,24860293	0,28891692			
		1,9446366 0,27099172	0	0 0 0 0	0 0	0 -			
		8,1117229 0,63574054							
Terrestrial acid/nutri	Pt	5,387287	0	1,7333728	0,45386262				
		0,0328350770,47725681	1,2830316	0,15951086	0,29509509	0,34294834			
		2,5892129 0,36081562	0	0 0 0 0	0 0	0 -			
		2,5466006 0,20594583							
Land occupation	Pt	2,6540189	0	0,78386437	0,16130147				
		0,0116694920,1696157	0,84612495	0,0238732260,044165469					
		0,0513274370,42225148	0,05884218	0 0 0 0	0 0	0 0			
		0 -0,336804840,41778801							
Aquatic acidification	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0							
Aquatic eutrophication	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0							
Global warming	Pt	210,89171	0	59,434806	25,293607	1,8298875			
		26,597358 52,838636	5,3040976	9,8125806	11,40381	96,617837			
		13,464024 0 0 0	0 0	0 0	0 -151,81165				
		60,10672							
Non-renewable energy	Pt	99,783413	0	61,612473	24,255557				
		1,7547889 25,505801	47,143063	2,8149957	5,2077421	6,0522408			
		50,570766 7,0472082	0 0	0 0	0 0	0 -			
		141,04668 8,8654538							
Mineral extraction	Pt	0,30238605	0	0,0392401020,072388078					
		0,0052369771	0,0761192960,18456029	0,0041507380,0076788654					
		0,0089240868	0,0401162630,0055903377	0 0 0 0					
		0 0 0	-0,1623606 0,020741614						
Energia rinnovabile	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0							
Costo	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Occupazione	Pt	-0,0013246296	-0,0013246296	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0 0 0							
Funzione	Pt	-13,3336	-13,3336	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0							
Modalità di gestione dei rifiuti	Pt	-82,01577	-82,01577	0	0	0	0	0	0
		0 0 0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
		0 0 0 0 0							

Tabella 3. 9: La tabella della valutazione per single score del danno tenendo conto del vantaggio sociale dovuto alla gestione dei rifiuti del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

- il danno totale vale 430.63Pt ed è dovuto per il -22.14% al vantaggio sociale, per il 54.7% a Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek, per il 20.38% a Frazione secca impianto di Baalbek (TMB), per l'1.47% a Metalli ferrosi di Baalbeck (TMB), per il 21.43% a F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB), per il 42.81% a Riciclo

delle frazioni della parte secca, per il 3.02% a Energia persa da cogenerazione di Baalbek, per il 5.58% a Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek, per il 6.49% a Energia termica da cogenerazione di Baalbek, per il 49.27 % a Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output), per il 6.87% a Digested matter (multi-output), per il -109.3% a Energia elettrica low voltage in Libano (prodotto evitato), per il 19.44% a Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano).

- Inoltre il danno è dovuto per il 45.49% a **Human Health**, per il 4.44% a **Ecosystem quality**, per il 48.97% a **Climate change**, per il 23.24% a **Resources**, per il -0.00031% a **Occupazione**, per il -3.1% alla **Funzione** e per il -19.05% alla **Modalità di gestione dei rifiuti**.

#### 3.7.4.1.3 Modifiche al metodo IMPACT 2002+ inserendo il concetto di “percezione”

Vengono presentate le modifiche apportate al metodo IMPACT+ v.10 che hanno portato alla versione IMPACT 2002+060614 (da 080513) vant.soc.con percez.V2.10.

In questo caso si considera che i fattori di caratterizzazione della diverse modalità di gestione dei rifiuti siano dettati da organizzazioni scientifiche mentre i fattori di valutazione, con cui le diverse categorie vengono pesate, siano stabiliti in base alla percezione degli utilizzatori.

##### 3.7.4.1.3.1 I vantaggi sociali

Per tener conto dei vantaggi sociali includendo il concetto di “percezione” sono stati creati i seguenti indicatori.

###### 3.7.4.1.3.1.1 Occupazione

E’ stata introdotta la categoria di impatto **Occupazione** con unità di misura p e con la substance *Posto di lavoro* con coefficiente di caratterizzazione 1.

E’ stata creata la categoria di danno **Occupazione** con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l’inverso del numero di posti di lavoro della popolazione libanese stimato pari a  $4.73082E-7$ . Tale valore è stato calcolato partendo dal totale della popolazione libanese che è pari a 4’227’597 abitanti e stimando i posti di lavoro sulla base dell’ipotesi che il numero di componenti medi di una famiglia libanese sia di 4 persone e che solo 2 di tali componenti abbiano un posto di lavoro:  $4227597/4*2=2113798.5$  posti di lavoro.

Tale categoria viene valutata con un fattore di peso 100.

Il dato di input è il numero di posti di lavoro misurato in p relativi all’intero processo studiato.

###### 3.7.4.1.3.1.2 Funzione

E’ stata introdotta la categoria di impatto **Funzione** con unità di misura p e con le substances:

*Alimentazione* con coefficiente di caratterizzazione: 1

*Funzione domestica*: 0.9

*Funzione ludica*: 0.5

*Funzione pubblica*: 0.6

*Funzione religiosa*: 0.6

*Funzione della gestione dei rifiuti* 0.8

*Istruzione* 0.8

*Sanità* 0.8

E' stata creata la categoria di danno **Funzione** con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di tale categoria nella normalizzazione è l'inverso del massimo valore che può essere raggiunto in base alle funzioni considerate pari a  $1/6=0.16667$ .

Tale categoria viene valutata con un fattore di peso 100.

Il dato di input sono la/le funzione/i del processo studiato (per esempio la gestione dei rifiuti nel caso di Baalbek).

#### 3.7.4.1.3.1.3 *Modalità di gestione dei rifiuti*

Sono state introdotte le seguenti categorie di impatto con unità di misura p e con le corrispondenti substances:

**Abbandono dei rifiuti nell'ambiente** con la substance *Abbandono dei rifiuti nell'ambiente* e con coefficiente di caratterizzazione: 0;

**Trattamento dei rifiuti** con la substance *Trattamento dei rifiuti* e con coefficiente di caratterizzazione 1;

**Discarica** con la substance *Discarica* e con coefficiente di caratterizzazione 0.5;

**Produzione di energia elettrica da rifiuti** con la substance *Produzione di energia elettrica da rifiuti* e con coefficiente di caratterizzazione 0.5;

**Incenerimento dei rifiuti** con la substance *Incenerimento dei rifiuti* e con coefficiente di caratterizzazione 0.2;

**Riciclo dei rifiuti** con la substance e con coefficiente di caratterizzazione *Riciclo dei rifiuti* 1;

**Raccolta dei rifiuti** con la substance *Raccolta dei rifiuti* e con coefficiente di caratterizzazione 1.

Sono state create tante categorie di danno quante sono le categorie di impatto, con lo stesso nome e tutte con coefficiente di damage assessment -1.

Il coefficiente di normalizzazione è pari a  $1/4.2=0.238095$  per tutte le categorie, considerando l'inverso della somma dei valori massimi che ciascuna categoria di impatto può raggiungere.

Tali categorie vengono valutate assegnando dei pesi la cui somma valga 100. Nell'ordine i fattori di peso sono: 1, 9, 20, 25, 20, 10, 15, supponendo che essi siano stati definiti in base al risultato di un questionario realizzato su un campione della popolazione di Baalbek per conoscerne la "percezione di priorità o d'importanza" rispetto alle diverse modalità di gestione dei rifiuti possibili.

I dati di input sono le frazioni di rifiuto in ingresso al sistema che subiscono i trattamenti indicati dalle diverse sostanze.

### 3.7.4.1.4 Analisi dei risultati coi vantaggi sociali e il concetto di "percezione"

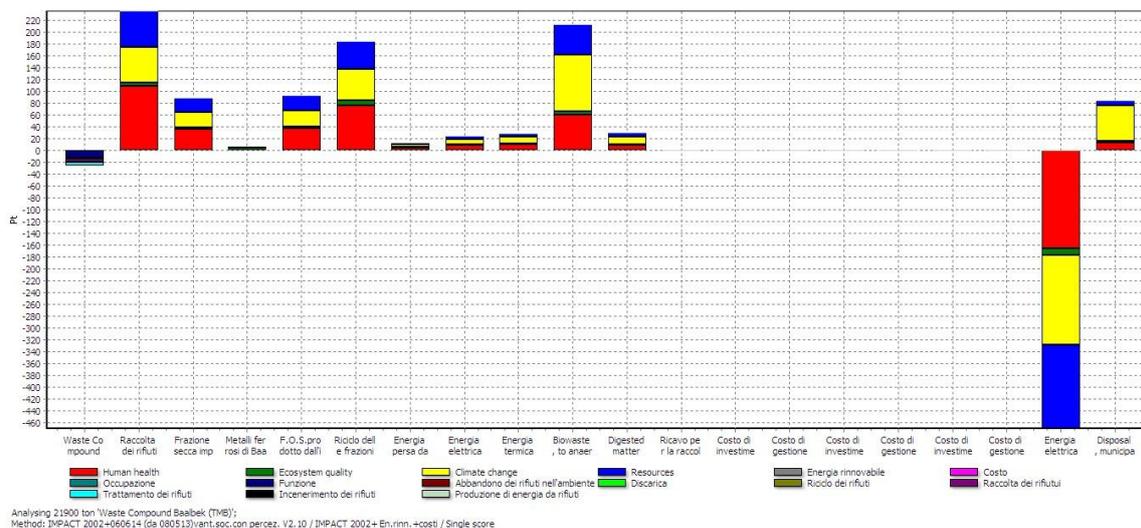


Figura 3. 12: Il diagramma della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 17.50.28  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Impact assessment  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513)vant.soc.con percez. V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
Indicator: Single score  
Skip categories: Never  
Default units: Yes  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No  
Per impact category: No  
Sorted on item: Damage category  
Sort order: Ascending

Damage category Unit Total Waste Compound Baalbek (TMB) Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek Frazione secca impianto di Baalbek (TMB) Metalli ferrosi di Baalbek (TMB) F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB) Riciclo delle frazioni della parte secca Energia persa da cogenerazione di Baalbek Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek Energia termica da cogenerazione di Baalbek Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) Digested matter (multi-output) Ricavo per la raccolta dei rifiuti Costo di investimento TMB Costo di gestione TMB Costo di investimento Biogas Facility Costo di gestione Biogas facility Costo di investimento discarica Costo di gestione discarica Energia elettrica low voltage in Libano Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Total Pt	499,89443	-26,087755	235,53475	87,757575	6,3488964						
	92,281009	184,34079	12,995448	24,041578	27,940212	212,15884					
	29,565056	0	0	0	0	0	0	0	-470,68924		
	83,70728										
Human health	Pt	195,89825	0	108,79925	34,972107	2,5300868					
	36,774732	75,154483	4,5505389	8,418497	9,7836587	59,933471					
	8,3519329	0	0	0	0	0	0	0	-166,53915		
	13,168642										
Ecosystem quality	Pt	19,106423	0	5,6489808	3,1639156						
	0,22889616	3,3269985	9,0200467	0,32166446	0,59507925	0,69157859					
	4,9966489	0,69630001	0	0	0	0	0	0	0	-	
	11,129408	1,545722									
Climate change	Pt	210,89171	0	59,434806	25,293607	1,8298875					
	26,597358	52,838636	5,3040976	9,8125806	11,40381	96,617837					
	13,464024	0	0	0	0	0	0	0	-151,81165		
	60,10672										
Resources	Pt	100,0858	0	61,651713	24,327945	1,7600259					
	25,58192	47,327623	2,8191465	5,215421	6,0611649	50,610882					
	7,0527985	0	0	0	0	0	0	0	-141,20904		
	8,8861954										
Energia rinnovabile	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0										
Costo	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Occupazione	Pt	-0,0013246296	-0,0013246296	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0								
Funzione	Pt	-13,3336	-13,3336	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0										
Abbandono dei rifiuti nell'ambiente	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0								
Discarica	Pt	-0,15053801	-0,15053801	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0										
Riciclo dei rifiuti	Pt	-1,2357022	-1,2357022	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0								
Raccolta dei rifiuti	Pt	-5,952375	-5,952375	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0								
Trattamento dei rifiuti	Pt	-4,7619	-4,7619	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0								
Incenerimento dei rifiuti	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0									
Produzione di energia da rifiuti	Pt	-0,65231507	-0,65231507	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0							

Tabella 3. 10: La tabella della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- il vantaggio sociale diminuisce rispetto al caso in cui non si sia tenuto conto della percezione. Tale vantaggio potrebbe aumentare se la “percezione” attribuisse un peso maggiore alle categorie di impatto che hanno un fattore di caratterizzazione maggiore (trattamento dei rifiuti, raccolta dei rifiuti e riciclo), cioè nel caso in cui il pensiero dell'opinione pubblica si allinei al pensiero della comunità scientifica sulla modalità migliore di gestione. Attraverso campagne di sensibilizzazione si può far crescere la consapevolezza del cittadino rispetto alle modalità di gestione dei rifiuti, influenzando così il “peso percepito” assegnato alle diverse categorie di impatto. In tal caso il beneficio sociale riconosciuto ad un sistema integrato di gestione dei RSU, come quello del Waste Compound, aumenterebbe.

### 3.7.4.2 Utilizzo dell'energia termica prodotta

Si calcola il vantaggio dovuto all'utilizzo dell'energia termica prodotta dall'impianto di cogenerazione che vale: 1892000 kWh. Per questo motivo si è creato il processo Waste Compound Baalbek (TMB) con en. termica evitata, nel quale viene considerata anche l'energia termica come prodotto evitato (ciò significa che il sistema usa anche l'energia termica prodotta dalla cogenerazione).

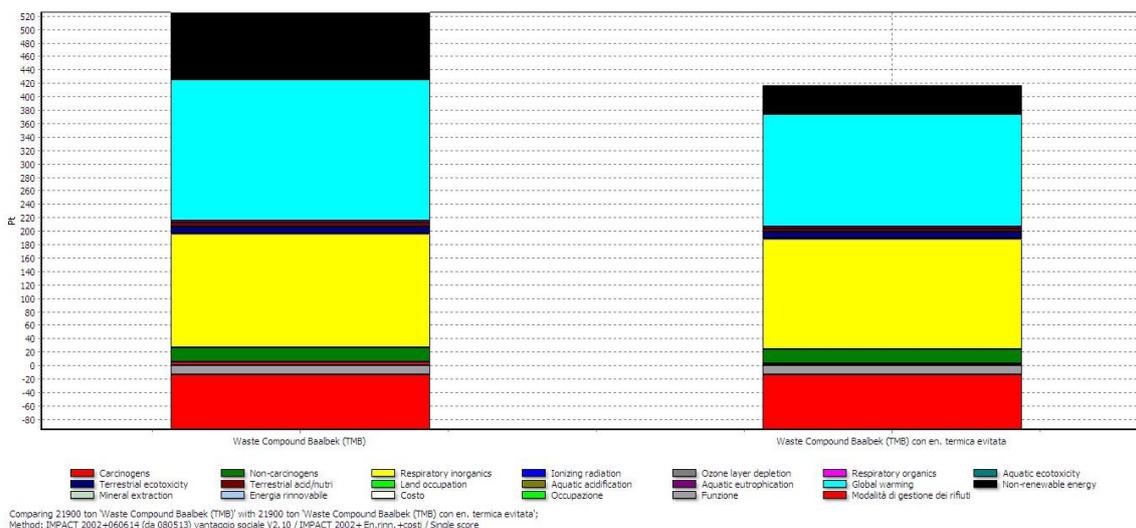


Figura 3. 13: Il diagramma della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) con en. termica evitata

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 16.11.22  
 Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Compare  
 Results: Impact assessment  
 Product 1: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Product 2: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) con en. termica evitata (of project Waste Compounds Baalbek)

Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 /  
 IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Single score  
 Skip categories: Never  
 Default units: No  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Waste Compound Baalbek (TMB)	Waste Compound Baalbek (TMB) con en. termica evitata
Total Pt		430,63149	323,03528
Carcinogens Pt		4,9522064	3,3147592
Non-carcinogens Pt		21,369509	21,25226
Respiratory inorganics Pt		168,86781	163,47277
Ionizing radiation Pt		0,20827595	0,1940277
Ozone layer depletion Pt		0,028064729	0,018383291
Respiratory organics Pt		0,47238086	0,44817174
Aquatic ecotoxicity Pt		-0,032616767	-0,047932615
Terrestrial ecotoxicity Pt		11,097734	10,507792
Terrestrial acid/nutri Pt		5,387287	5,2711032
Land occupation Pt		2,6540189	2,4625967
Aquatic acidification Pt		0	0
Aquatic eutrophication Pt		0	0
Global warming Pt		210,89171	166,48831
Non-renewable energy Pt		99,783413	44,706978
Mineral extraction Pt		0,30238605	0,2967581
Energia rinnovabile Pt		0	0
Costo Pt		0	0
Occupazione Pt		-0,0013246296	-0,0013246296
Funzione Pt		-13,3336	-13,3336
Modalità di gestione dei rifiuti Pt		-82,01577	-82,01577

Tabella 3. 11: La tabella della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) con en. termica evitata

Dall'analisi dei risultati della valutazione del confronto si nota che:

- se si utilizzasse l'energia termica prodotta dall'impianto di cogenerazione il danno totale diminuirebbe del 24.98%.

### 3.7.4.3 Il prodotto del riciclo come prodotto evitato

In questo scenario, per il riciclo della frazione secca si considerano i processi di Ecoinvent.3, che estendono il sistema introducendo il prodotto evitato. In questo modo si attribuisce alla gestione dei rifiuti di Baalbek il vantaggio dovuto alla produzione dei secondari provenienti dal rifiuto riciclato. I processi modificati sono:

Riciclo delle frazioni della parte secca con prodotto evitato,  
Waste Compound Baalbek (TMB) (Riciclo con prodotto evitato di E3).

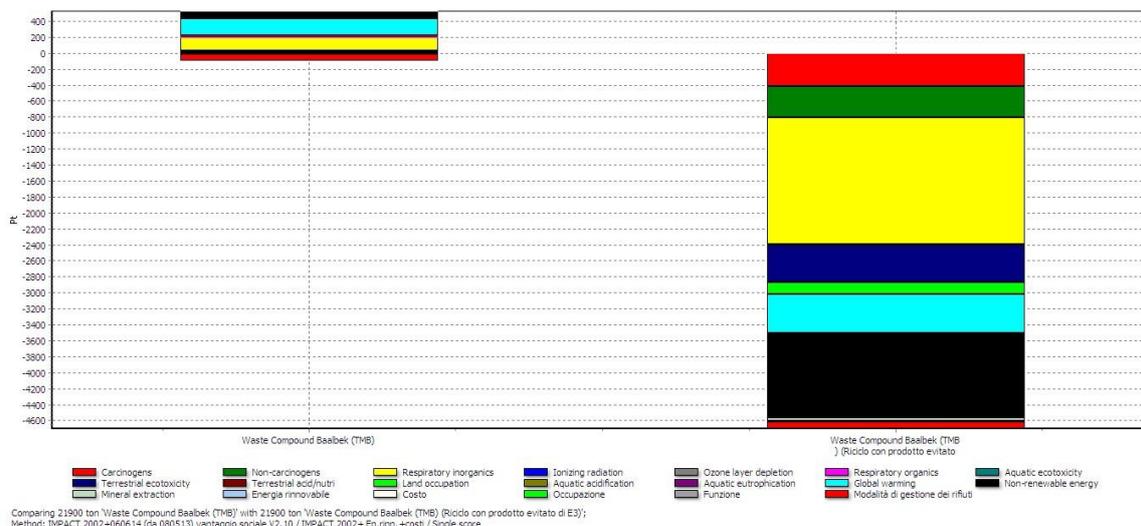


Figura 3. 14: Il diagramma della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) (Riciclo con prodotto evitato di E3)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 16.25.30  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Compare  
Results: Impact assessment  
Product 1: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Product 2: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (Riciclo con prodotto evitato di E3) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
Indicator: Single score  
Skip categories: Never  
Default units: Yes  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No  
Per impact category: Yes  
Sorted on item: Impact category  
Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Waste Compound Baalbek (TMB)	Waste Compound Baalbek (TMB) (Riciclo con prodotto evitato di E3)
Total Pt		430,63149	-4700,7309
Carcinogens	Pt	4,9522064	-420,11772
Non-carcinogens	Pt	21,369509	-384,06339
Respiratory inorganics	Pt	168,86781	-1594,7203
Ionizing radiation	Pt	0,20827595	-0,59423508
Ozone layer depletion	Pt	0,028064729	-0,039915556
Respiratory organics	Pt	0,47238086	-1,820045
Aquatic ecotoxicity	Pt	-0,032616767	-7,739942
Terrestrial ecotoxicity	Pt	11,097734	-456,43636
Terrestrial acid/nutri	Pt	5,387287	-10,023692
Land occupation	Pt	2,6540189	-140,33937

Aquatic acidification	Pt	0	0
Aquatic eutrophication	Pt	0	0
Global warming	Pt	210,89171	-490,77238
Non-renewable energy	Pt	99,783413	-1052,9566
Mineral extraction	Pt	0,30238605	-45,756253
Energia rinnovabile	Pt	0	0
Costo	Pt	0	0
Occupazione	Pt	-0,0013246296	-0,0013246296
Funzione	Pt	-13,3336	-13,3336
Modalità di gestione dei rifiuti	Pt	-82,01577	-82,01577

Tabella 3. 12: La tabella della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) (Riciclo con prodotto evitato di E3)

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- il danno ambientale diventa un vantaggio ambientale pari a -4700.7 Pt.
- Secondo il parere degli autori dello studio il risultato non ha nessun valore scientifico.
- Un valore scientifico lo avrebbe solo se si considerasse un sistema comprendente anche l'uso dei secondari. In questo caso ci sarebbe un effettivo vantaggio se la produzione di un secondario comportasse realmente l'uso evitato del prodotto primario. Tale condizione per essere soddisfatta richiederebbe un uso del prodotto costante nel tempo.

### 3.7.4.4 Energia elettrica da fotovoltaico come prodotto evitato

Viene studiato con IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi il processo Waste Compound Baalbek (TMB)(en. el. da fotovoltaico evitata) nel quale si considera come prodotto evitato del sistema l'energia elettrica ottenuta da fotovoltaico.

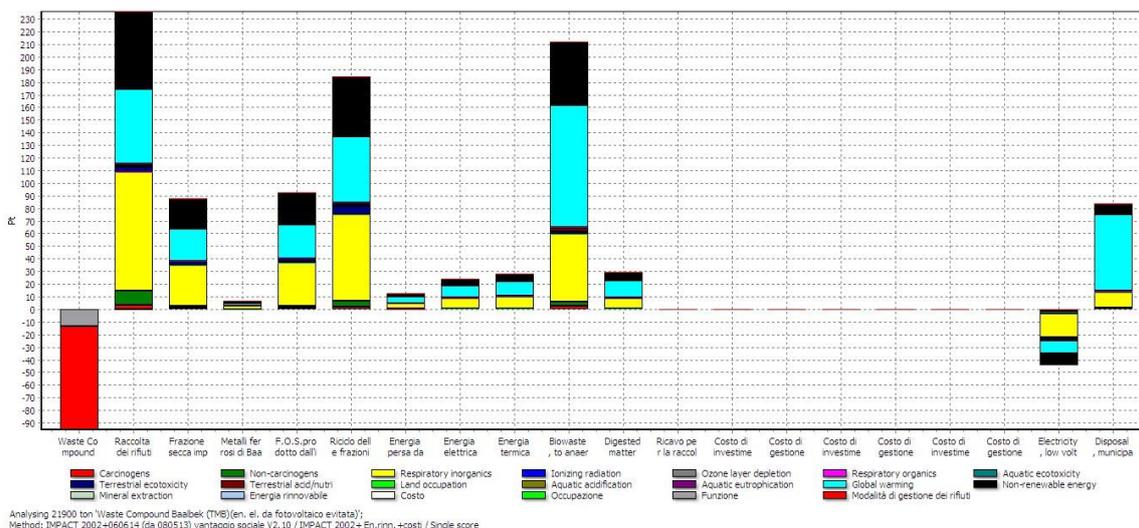


Figura 3. 15: Il diagramma della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)(en. el. da fotovoltaico evitata)

Calculation: Analyse  
 Results: Impact assessment  
 Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (en. el. da  
 fotovoltaico evitata) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 /  
 IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Single score  
 Skip categories: Never  
 Default units: Yes  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste Compound Baalbek (TMB) (en. el. da fotovoltaico evitata)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca Cogenerazione di Baalbek	Energia persa da Cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di gestione TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Electricity, low voltage {IT}  electricity production, fotovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Alloc Def, UDisposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Total Pt	856,71274	-95,350695	235,53475	87,757575	6,3488964	92,281009	184,34079	12,995448	24,041578	27,940212	212,15884	29,565056	0	0	0	0	0	0	-44,607994
	83,70728																		
Carcinogens Pt	10,881884	0	3,0399319	1,3866306	0,10031697	1,458104	1,8634509	0,16565597	0,30646354	0,35616033	2,8859238	0,4021633	0	0	0	0	0	0	-1,5074149
	0,42449742																		
Non-carcinogens Pt	22,708546	0	11,76993	1,3098487		0,094762122	1,3773644	5,050513	0,17162939	0,31751437	0,36900318	2,8632683	0,39900617	0	0	0	0	0	-
	1,9359045	0,92161082																	
Respiratory inorganics Pt	305,55007	0	93,531446	32,180367		2,328116	33,839093	67,875381	4,2040357	7,777466	9,0386767	54,063549	7,5339394	0	0	0	0	0	-
	18,600554	11,778557																	
Ionizing radiation	Pt	0,53340938	0	0,090604995	0,063910053	0,0046236271	0,067204274	0,2196811	0,0052786236										
Ozone layer depletion	Pt	0,038559248	0	0,013192951	0,0035498565	0,00025681739	0,0037328326	0,0088412348	0,00039411946										

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

	0	0	0	0	0	0	0	-0,002787346		
	0,0016787466									
Respiratory organics	Pt	0,60804487	0	0,35414337	0,027800881					
	0,0020112784	0,029233868	0,13661567	0,003545194	0,006558609					
	0,0076221672	0,040576833	0,0056545197	0	0	0	0			
	0	0	0	-0,021949603	0,016232077					
Aquatic ecotoxicity	Pt	0,052631494	0	-0,57232631	0,035761003					
	0,0025871602	0,037604292	0,2460888	0,0039004146						
	0,0072157671	0,0083858914	0,040547889	0,0056504862	0					
	0	0	0	-0,049031504	0,2862476					
Terrestrial ecotoxicity	Pt	16,826106	0	3,7040699	2,5129905					
	0,18180443	2,6425217	6,6448013	0,13437996	0,24860293	0,28891692				
	1,9446366	0,27099172	0	0	0	0	0	0	0	-
	2,3833505	0,63574054								
Terrestrial acid/nutri	Pt	7,7731751	0	1,7333728	0,45386262					
	0,032835077	0,47725681	1,2830316	0,15951086	0,29509509	0,34294834				
	2,5892129	0,36081562	0	0	0	0	0	0	0	-
	0,16071247	0,20594582								
Land occupation	Pt	2,8881804	0	0,78386436	0,16130147					
	0,011669492	0,1696157	0,84612495	0,023873226	0,044165469					
	0,051327437	0,42225148	0,05884218	0	0	0	0	0	0	0
	0	-0,10264334	0,41778801							
Aquatic acidification	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Aquatic eutrophication	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Global warming	Pt	352,34472	0	59,434806	25,293607	1,8298875				
	26,597358	52,838636	5,3040976	9,8125806	11,40381	96,617837				
	13,464024	0	0	0	0	-10,358645				
	60,10672									
Non-renewable energy	Pt	231,64895	0	61,612472	24,255557					
	1,7547889	25,505801	47,143063	2,8149958	5,2077421	6,0522409				
	50,570766	7,0472081	0	0	0	0	0	0	0	-
	9,1811376	8,8654538								
Mineral extraction	Pt	0,20915559	0	0,039240101	0,072388078					
	0,0052369771	0,076119296	0,18456029	0,0041507381						
	0,0076788654	0,0089240868	0,040116264	0,0055903377	0					
	0	0	0	-0,25559106	0,020741614					
Energia rinnovabile	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Costo	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Occupazione	Pt	-0,0013246296	-0,0013246296	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0							
Funzione	Pt	-13,3336	-13,3336	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0									
Modalità di gestione dei rifiuti	Pt	-82,01577	-82,01577	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 3. 13: La tabella della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)(en. el. da fotovoltaico evitata)

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- il danno vale 856,71274 Pt. Esso aumenta rispetto al caso in cui l'energia elettrica evitata sia quella di rete poiché il vantaggio si riduce, infatti l'energia elettrica di rete, proveniente da un certo mix energetico, risulta più inquinante di quella ottenuta dal solo fotovoltaico. Da tale risultato emerge l'incongruenza scientifica del criterio di "prodotto evitato". Infatti è un paradosso scientifico sostenere che il danno di un sistema dipenda dal tipo di energia evitata con il prodotto del sistema stesso.

### 3.7.4.5 Il processo di gestione dei rifiuti come processo multi-output

Si considera il processo Waste Compound Baalbek (TMB) come un processo multi-output di cui le energie elettrica e termica sono due coprodotti (Waste Compound Baalbek (TMB) (multi-output)). In tal caso l'allocazione degli impatti sui diversi coprodotti è un'allocazione economica, così definita:

- Costo di gestione dei rifiuti (senza ricavi ed ammortamenti, gestione unica): 24.29€/t  
Costo totale: 24.29€/t \* 21900t = 531951€
- Prezzo totale energia elettrica: 0.03€/kWh \* 1628000kWh = 48840€
- Per calcolare il prezzo dell'energia termica in Libano consideriamo valida la proporzione con il prezzo dell'energia termica ed elettrica in Italia:  
 $0.1014245 / 0.164432 * 0.03 = 0.018505€/kWh$   
Prezzo totale energia termica:  
 $0.018505€/kWh * 1892000kWh = 35011.46€$
- Allocazione economica sulla gestione dei rifiuti:  
 $531951 / (531951 + 48840 + 35011.46) * 100$
- Allocazione economica sull'energia elettrica:  
 $48840 / (531951 + 48840 + 35011.46) * 100$
- Allocazione economica sull'energia termica:  
 $35011.46 / (531951 + 48840 + 35011.46) * 100$

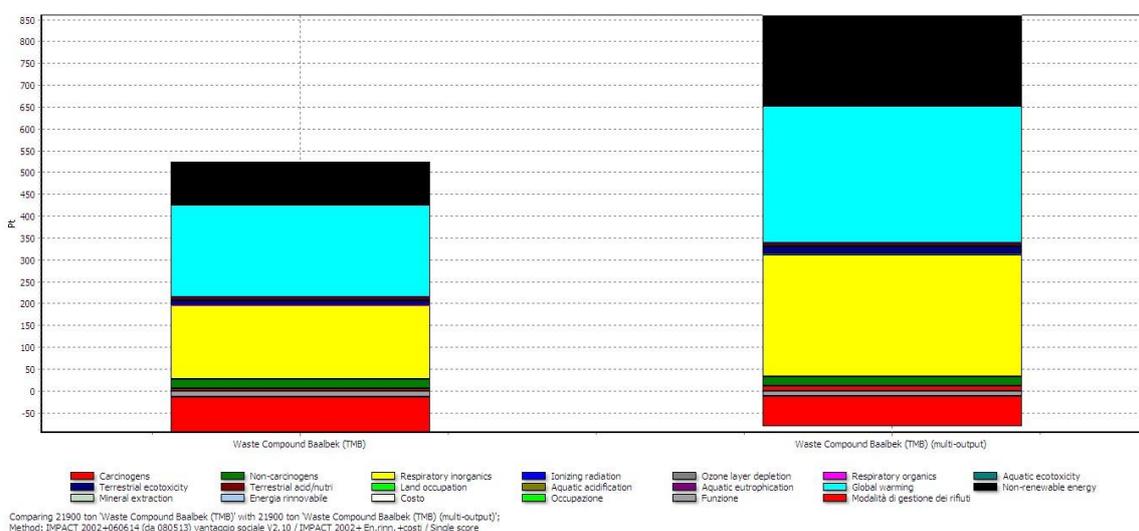


Figura 3. 16: Il diagramma della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB), Waste Compound Baalbek (TMB) (multi-output),

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 15.50.40  
 Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Compare  
 Results: Impact assessment  
 Product 1: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Product 2: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (multi-output) (of project Waste Compounds Baalbek)  
 Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
 Indicator: Single score  
 Skip categories: Never  
 Default units: Yes  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Waste Compound Baalbek (TMB)	Waste Compound Baalbek (TMB) (multi-output)
Total Pt		430,63149	778,59135
Carcinogens Pt		4,9522064	10,702296
Non-carcinogens Pt		21,369509	21,28871
Respiratory inorganics Pt		168,86781	280,01228
Ionizing radiation Pt		0,20827595	0,50247663
Ozone layer depletion Pt		0,028064729	0,035716587
Respiratory organics Pt		0,47238086	0,54421054
Aquatic ecotoxicity Pt		-0,032616767	0,087819938
Terrestrial ecotoxicity Pt		11,097734	16,593778
Terrestrial acid/nutri Pt		5,387287	6,8535605
Land occupation Pt		2,6540189	2,5835748
Aquatic acidification Pt		0	0
Aquatic eutrophication Pt		0	0
Global warming Pt		210,89171	313,31544
Non-renewable energy Pt		99,783413	208,03718
Mineral extraction Pt		0,30238605	0,40146388
Energia rinnovabile Pt		0	0
Costo Pt		0	0
Occupazione Pt		-0,0013246296	-0,0011442599
Funzione Pt		-13,3336	-11,518015
Modalità di gestione dei rifiuti Pt		-82,01577	-70,847997

Tabella 3. 14: La tabella della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) (multi-output)

Dall'analisi dei risultati della valutazione del confronto si nota che:

- se si usasse il processo multi-output il danno totale aumenterebbe dell'80.8%.
- Il criterio del processo multi-output, anche se fa uso dell'allocazione economica che dipende dalle condizioni di mercato, ha il pregio di considerare tutti i danni

ambientali, attribuendone una parte a ciascuno dei coprodotti e il pregio di non richiedere l'estensione dei confini del sistema. Quest'ultima operazione richiederebbe, infatti, di includere nel sistema studiato con l'analisi LCA anche tutti i processi che fanno uso dei prodotti del sistema stesso.

### 3.7.4.6 Riduzione dell'energia elettrica unitaria del TMB

Si modifica il processo Waste Compound Baalbek (TMB) riducendo il consumo unitario di energia elettrica nell'impianto TMB e riportandolo al consumo unitario del TMB di Imola. Perciò è stato creato un nuovo processo multi-output Frazione secca impianto di Baalbek (TMB) En. elettrica unitaria ridotta nel quale è stato considerato un consumo di energia pari a: 2253517 kWh/a.

Il nuovo processo principale, che richiama il multi-output sopra descritto, è Waste Compound Baalbek (TMB) En. elettrica TMB ridotta.

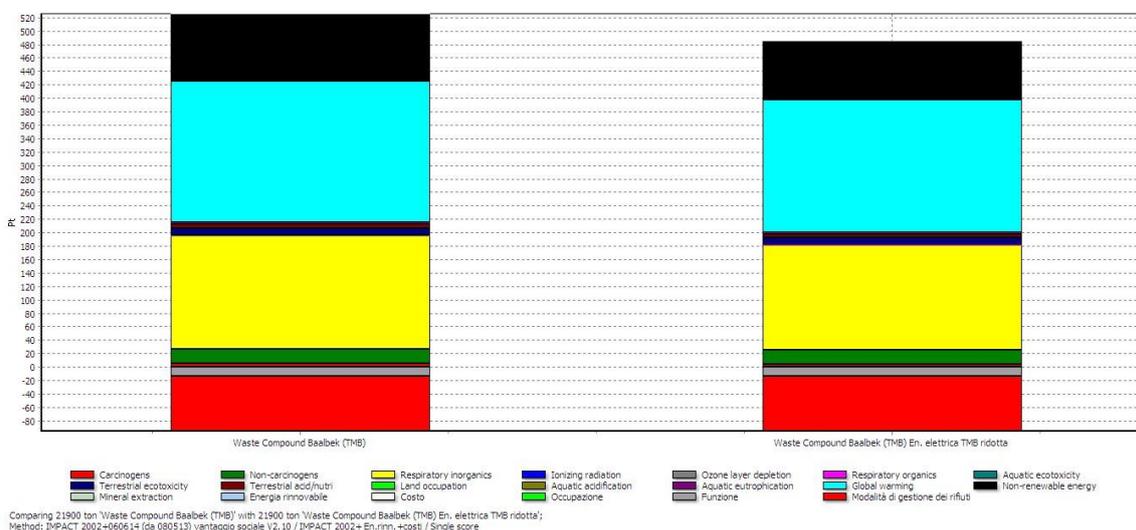


Figura 3. 17: Il diagramma della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) En. elettrica TMB ridotta

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 16.20.05  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Compare  
Results: Impact assessment  
Product 1: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Product 2: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) En. elettrica TMB ridotta (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+060614 (da 080513) vantaggio sociale V2.10 / IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
Indicator: Single score  
Skip categories: Never  
Default units: Yes  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No

Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Waste Compound Baalbek (TMB)	Waste Compound Baalbek (TMB) En. elettrica TMB ridotta
Total	Pt	430,63149	390,82879
Carcinogens	Pt	4,9522064	4,3233067
Non-carcinogens	Pt	21,369509	21,092572
Respiratory inorganics	Pt	168,86781	155,7367
Ionizing radiation	Pt	0,20827595	0,17669977
Ozone layer depletion	Pt	0,028064729	0,02694158
Respiratory organics	Pt	0,47238086	0,45905264
Aquatic ecotoxicity	Pt	-0,032616767	-0,04397181
Terrestrial ecotoxicity	Pt	11,097734	10,411785
Terrestrial acid/nutri	Pt	5,387287	5,1719399
Land occupation	Pt	2,6540189	2,6255378
Aquatic acidification	Pt	0	0
Aquatic eutrophication	Pt	0	0
Global warming	Pt	210,89171	198,05413
Non-renewable energy	Pt	99,783413	87,856142
Mineral extraction	Pt	0,30238605	0,28865642
Energia rinnovabile	Pt	0	0
Costo	Pt	0	0
Occupazione	Pt	-0,0013246296	-0,0013246296
Funzione	Pt	-13,3336	-13,3336
Modalità di gestione dei rifiuti	Pt	-82,01577	-82,01577

Tabella 3. 15: La tabella della valutazione del confronto tra i processi Waste Compound Baalbek (TMB) e Waste Compound Baalbek (TMB) En. elettrica TMB ridotta

Dall'analisi dei risultati della valutazione del confronto si nota che:

- se si riducesse l'energia elettrica unitaria del TMB il danno totale diminuirebbe del 9.24%.

### 3.7.5 *Analisi dei costi esterni e dei costi interni*

#### 3.7.5.1 *Il calcolo dei costi esterni*

Al termine dell'analisi LCA, si può completare lo studio quantificando in termini monetari il danno ambientale prodotto. Tale costo che si definisce esterno per distinguerlo da quello stabilito dal mercato, chiamato interno, rappresenta il costo sostenuto dalla Comunità (locale, nazionale, internazionale) per rimediare ai danni prodotti sull'ambiente. Il costo economico viene indicato come un possibile fattore limitativo per la diffusione di interventi a sostegno della riduzione dell'impatto. Non vengono messe in conto le esternalità, quindi la valutazione di costi e benefici viene estesa a una scala temporale ridotta, e soprattutto non vengono contemplati i vantaggi - direttamente economici - di una maggiore integrazione su scala locale delle attività economiche, integrazione che per più ragioni concorrenti rappresenta il corollario di politiche per la riduzione del danno (Neri, L'analisi ambientale della gestione dei rifiuti con il metodo LCA, 2009).

### 3.7.5.1.1 Il calcolo dei costi esterni con EPS 2000

Il Metodo EPS 2000, esprime il danno ambientale direttamente in unità monetarie (ELU equivalenti agli Euro), che corrispondono alla disponibilità a pagare (willingness to pay) da parte dell'intero pianeta. La disponibilità a pagare rappresenta un criterio per definire i costi esterni. Il calcolo viene eseguito con il Metodo EPS V2.07 (Bengt, 1999) nella versione EPS 2000 (con sost.ris.E2 e E3) V2.07 / EPS

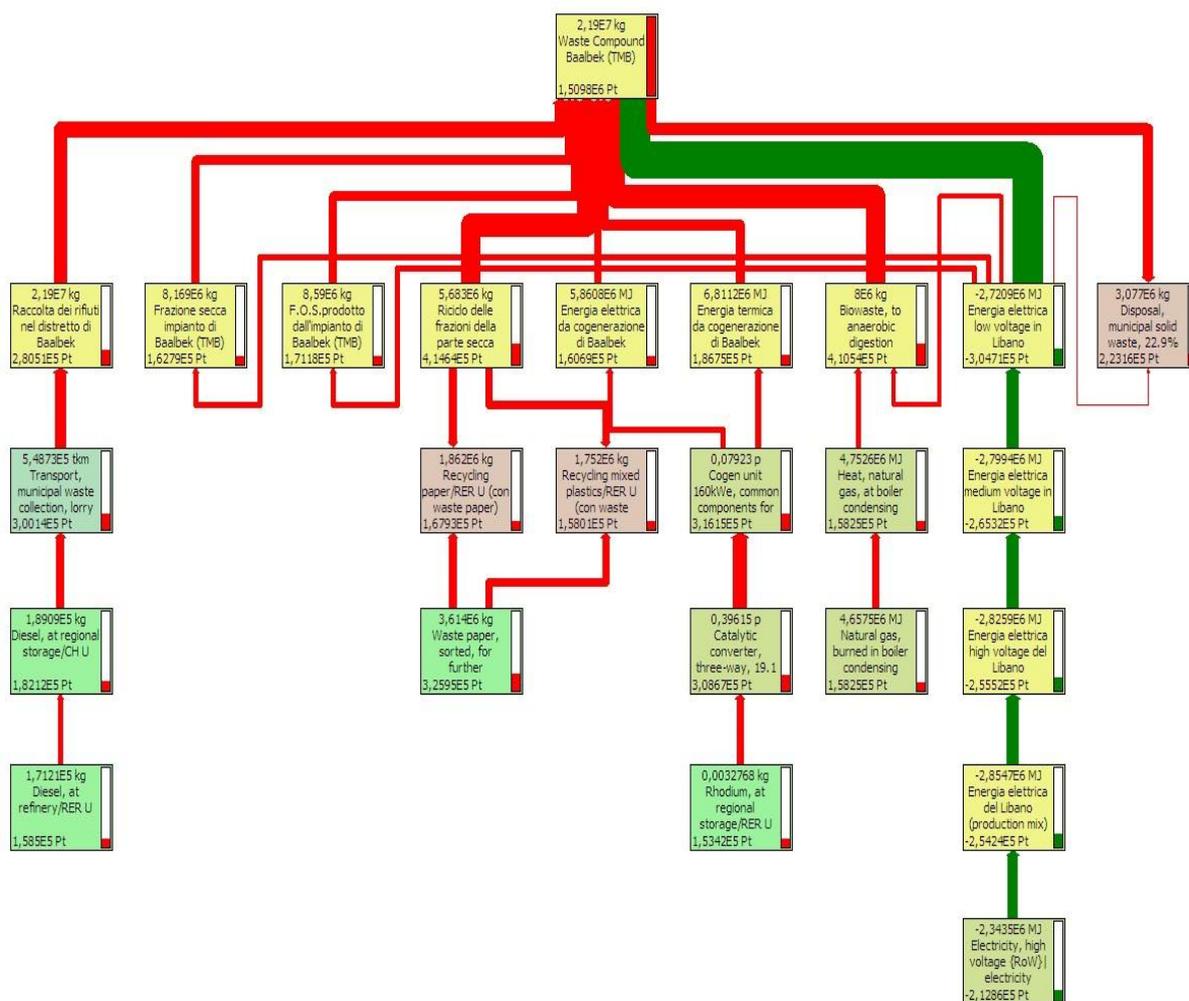


Figura 3. 18: Il network del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

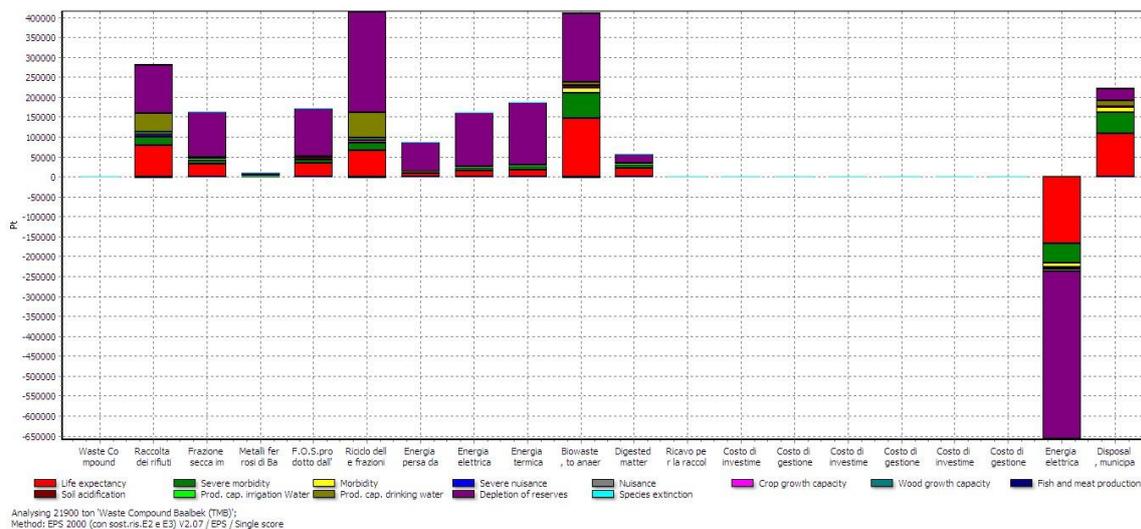


Figura 3. 19: Il diagramma della valutazione per single score del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 12.29.53  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Impact assessment  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB) (of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: EPS 2000 (con sost.ris.E2 e E3) V2.07 / EPS  
Indicator: Single score  
Skip categories: Never  
Default units: Yes  
Exclude infrastructure processes: No  
Exclude long-term emissions: No  
Per impact category: Yes  
Sorted on item: Impact category  
Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total Waste Compound Baalbek (TMB)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	F.O.S.prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	Riciclo delle frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek	Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	Energia termica da cogenerazione di Baalbek	Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	Digested matter (multi-output)	Ricavo per la raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB	Costo di gestione TMB	Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility	Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica	Energia elettrica low voltage in Libano	Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano)
Total Pt		1509892,5	0	280548,24	162797,57	11777,729	171188,92	414705,48	86864,369	160699,08	186758,39	410554,37	57212,148	0	0	0	0	0	-656384,13	223170,28	

Life expectancy	Pt	364540,93	0	78890,003	32504,537	2351,5684			
		34179,972	65324,328	8409,9943	15558,489	18081,488	146700,29		
		20443,184	0	0	0	0	-166991,69		
		109088,77							
Severe morbidity	Pt	149945,92	0	20080,669	8444,8291	610,94834			
		8880,1148	18827,396	3376,4572	6246,4459	7259,3831	63329,673		
		8825,2053	0	0	0	0	-49241,752		
		53306,55							
Morbidity	Pt	29984,964	0	4189,5538	1846,6956	133,60076			
		1941,8828	3700,9921	700,31491	1295,5826	1505,6771	12720,436		
		1772,636	0	0	0	0	-11056,252		
		11233,844							
Severe nuisance	Pt	2816,1234	0	1633,2841	1133,3376	81,992272			
		1191,7551	847,00503	46,06277	85,216125	99,034956	659,37141		
		91,885648	0	0	0	0	-3141,782		
		88,960469							
Nuisance	Pt	4604,4691	0	1661,8865	1057,9084	76,535284			
		1112,4379	1236,4713	254,89367	471,55329	548,0214	3589,1245		
		500,15671	0	0	0	0	-6234,0344		
		329,51445							
Crop growth capacity	Pt	2545,2036	0	524,1464	291,56629				
		21,093612	306,59498	398,21703	72,898791	134,86276	156,7324		
		698,69007	97,364837	0	0	0	0	0	-
		728,33747	571,37384						
Wood growth capacity	Pt	-3579,5815	0	-1381,9171	-492,47339	-			
		35,628406	-517,85776	-1159,0975	-98,140213	-181,55939	-211,00146		
		1724,83	-240,36093	0	0	0	0	0	2907,3069
		-444,02224							
Fish and meat production	Pt	-483,50703	0	-136,72997	-35,769906				
		-2,5878043	-37,613654	-100,84167	-13,674317	-25,297487	-29,399782		
		-229,93151	-32,041737	0	0	0	0	0	0
		202,08173	-41,70092						
Soil acidification	Pt	145,71431	0	56,843276	28,85599				
		2,0876112	30,343362	42,174864	7,0415266	13,026824	15,139282		
		98,201307	13,684686	0	0	0	0	0	-
		172,00728	10,322863						
Prod. cap. irrigation Water	Pt	14903,584	0	4677,925	364,45472				
		26,366787	383,24042	6456,566	90,195884	166,86238	193,92115		
		954,9647	133,07758	0	0	0	0	0	0
		1456,0093							
Prod. cap. drinking water	Pt	149035,84	0	46779,25	3644,5472				
		263,66787	3832,4042	64565,66	901,95884	1668,6238	1939,2115		
		9549,647	1330,7758	0	0	0	0	0	0
		14560,093							
Depletion of reserves	Pt	787142,16	0	122386,86	113518,66				
		8212,6038	119369,94	253404,31	72967,602	134990,06	156880,34		
		171424,03	23888,522	0	0	0	0	0	-
		419872,33	29971,553						
Species extinction	Pt	8290,637	0	1186,4657	490,42784				
		35,480419	515,70678	1162,2992	148,76444	275,21421	319,84354		
		2784,7037	388,05793	0	0	0	0	0	-
		2055,3305	3039,0037						

Tabella 3. 16: La tabella della valutazione del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati della valutazione si nota che:

- il danno totale vale 1.5099E6 Pt (Pt=ELU=euro) ed è dovuto per il 18.58% a Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek, per il 10.78% a Frazione secca impianto di Baalbek (TMB), per lo 0.78% a Metalli ferrosi di Baalbek (TMB), per l'11.34% a F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB), per il 27.47% a Riciclo delle frazioni della parte secca, per il 5.75% a Energia persa da cogenerazione di Baalbek, per il 10.64% a Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek, per il 12.37% a Energia termica da cogenerazione di Baalbek, per il 27.19% a Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output), per il 3.79% a Digested matter (multi-output), per il -43.47% a Energia elettrica low voltage in Libano (prodotto evitato), per il 14.78% a Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità del Libano).
- Inoltre il danno è dovuto per il 36.55% a **Human Health**, per il 10.77% a **Ecosystem production capacity**, per il 52.13% a **Abiotic stock resource** e per lo 0.55% a **Biodiversity**.

### 3.7.5.1.2 Il calcolo dei costi esterni con Eco-indicator '99

Per potere avere un'ulteriore valutazione monetaria del danno, è possibile convertire in euro il danno calcolato con la caratterizzazione di Eco-indicator '99 (modificato), attraverso le seguenti operazioni:

1. Per convertire il danno nella categoria **Human Health** si assume che un anno di vita perso dall'intera popolazione europea (1 DALY) generi un costo esterno pari allo stipendio lordo annuo di un cittadino medio europeo, stimato in 31150 €. In questo caso il criterio usato per il calcolo del costo esterno tiene conto della perdita che il PIL europeo subisce per effetto della perdita del lavoro di un cittadino europeo. Il costo vale: 31150 €/DALY.
2. La stima economica del danno per la categoria **Ecosystem Quality** è stata effettuata in base al costo della reintroduzione di una specie animale nell'ambiente. In particolare è stato preso a titolo di esempio il ripristino del nibbio nel parco di Frasassi. Per ripristinare tale specie è stata necessaria una spesa di 61974,83 €/anno. Inoltre si sono ottenute informazioni riguardanti il ripristino del camoscio di Abruzzo (145000 €/anno per la creazione di una popolazione sui monti Sibillini, 145000 €/anno per la creazione di una popolazione sul Sirente Velino, 120000 €/anno per studi genetici, 170000 €/anno per la cattura e radio localizzazione, 20000 €/anno per spese varie, per un totale di 600000 €/anno) e del pollo Sultano in Sicilia e Sardegna (200000 €/anno per la reintroduzione, 100000 €/anno per il monitoraggio e la ricerca, 1400000 €/anno per il ripristino ambientale, 2250000 €/anno per la creazione di una zona umida, per un totale di 3950000 €/anno). Si può fare una media aritmetica delle spese sostenute per il ripristino di tre specie europee e attribuire tale valore al costo per il ripristino di una qualsiasi specie europea  $C_{ripr.}$ :

$$(61'974,83 + 600'000 + 3'950'000)/3 = 1'537'325 \text{ €/specie}$$

Il Metodo Eco-indicator '99 calcola nella categoria di danno **Ecosystem Quality** il valore dei  $PDFm^2/yr$  che rappresentano l'incremento della percentuale della frazione di specie scomparse in Europa (rapporto tra il numero di specie a rischio e il numero di specie totali). Le specie esistenti sul territorio europeo sono 215'000, di cui il 24% sono a rischio

(affected). Pertanto considerando che la superficie europea è pari a  $2,16 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$  e che per ripristinare una specie occorre farlo in 3 zone, è possibile calcolare economicamente il danno associato alla qualità dell'ecosistema seguendo il seguente procedimento:

- Percentuale delle specie “disappeared” rispetto al numero totale delle specie:  $\text{PDFm}^2\text{yr} / (2,16 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \cdot 1\text{yr}) = \text{PDF}$
- Numero di specie “disappeared” = NSD:
- $\text{PDF} = (\text{NSD} / \text{Numero di specie totale}) \cdot 100 = (\text{NSD} / 215000) \cdot 100$  da cui si ottiene:  
 $\text{NSD} = \text{PDF} \cdot 215000 / 100 = \text{PDF} \cdot 2150$
- Costo per il reintegro delle specie scomparse a causa del danno pari a  $\text{PDFm}^2\text{yr}$ :  
 $1 \cdot 537 \cdot 325[\text{€}] \cdot 3 \text{ zone} \cdot \text{NSD} = 1 \cdot 537 \cdot 325[\text{€}] \cdot 3 \cdot \text{PDF} \cdot 2150 = 1537325[\text{€}] \cdot 3 \cdot 2150 \cdot \text{PDFm}^2\text{yr} / (2,16 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \cdot 1\text{yr}) = 4,5906 \cdot 10^{-3} \text{ PDFm}^2\text{yr}$ .  
Il coefficiente di costo vale:  $4,5906 \cdot 10^{-3} \text{ €/ PDFm}^2\text{yr}$ .

3. La stima economica del danno per la categoria **Resources** viene effettuata considerando per il MJ surplus l'attuale costo medio europeo di un kWh elettrico, cioè  $0,075 \text{ €/kWh} = 0,075 \text{ €} / 3,6 \text{ MJ} = 0,0208 \text{ €/MJ}$ . Il coefficiente di costo vale:  $0,0208 \text{ €/ MJ}$ .

#### 3.7.5.1.3 Il calcolo dei costi esterni con IMPACT 2002+

Modifica del Metodo IMPACT per il calcolo dei costi esterni sulla base degli indicatori ricavati per Eco-indicator'99.

##### 1. Coefficienti di damage assessment per il calcolo del costo esterno

###### Human Health

- Carcinogens:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 2,8\text{E-}6 \text{ DALY/kg C}_2\text{H}_3\text{Cleq} = 0,08722 \text{ €/kgC}_2\text{H}_3\text{Cleq}$
- Non carcinogens:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 2,8\text{E-}6 \text{ DALY/kg C}_2\text{H}_3\text{Cleq} = 0,08722 \text{ €/kgC}_2\text{H}_3\text{Cleq}$
- Respiratory inorganics:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 7\text{E-}4 \text{ DALY/kg PM}_{2.5\text{eq}} = 21,805 \text{ €/kg PM}_{2.5\text{eq}}$
- Ionizing radiation:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 2,1\text{E-}10 \text{ DALY/Bq C}_{14\text{eq}} = 6,5415\text{E-}6 \text{ €/Bq C}_{14\text{eq}}$
- Ozone layer depletion:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 1,05\text{E-}3 \text{ DALY/CFC-}11\text{eq} = 32,7075 \text{ €/CFC-}11\text{eq}$
- Respiratory organics:  $31150 \text{ €/DALY} \cdot 2,13\text{E-}6 \text{ DALY/C}_2\text{H}_4\text{eq} = 0,0663495 \text{ €/C}_2\text{H}_4\text{eq}$

###### Ecosystem quality

- Aquatic ecotoxicity:  $4,5906\text{E-}3 \text{ €/PDFm}^2\text{yr} \cdot 5,02\text{E-}5 \text{ PDFm}^2\text{yr/ kg TEG water} = 2,3044812\text{E-}7 \text{ €/kg TEG water}$
- Terrestrial ecotoxicity:  $4,5906\text{E-}3 \text{ €/PDFm}^2\text{yr} \cdot 7,91\text{E-}3 \text{ PDFm}^2\text{yr/ kg TEG soil} = 3,6311646\text{E-}5 \text{ €/kg TEG soil}$
- Terrestrial acid/nutri:  $4,5906\text{E-}3 \text{ €/PDFm}^2\text{yr} \cdot 1,04 \text{ PDFm}^2\text{yr/ kg SO}_{2\text{eq}} = 4,774224\text{E-}3 \text{ €/kg SO}_{2\text{eq}}$
- Land occupation:  $4,5906\text{E-}3 \text{ €/PDFm}^2\text{yr} \cdot 1,09 \text{ PDFm}^2\text{yr/ kg TEG soil} = 5,003754\text{E-}3 \text{ €/m}^2\text{org.arable}$

## Climate change

- Climate change: 7,81E-3 €/kg CO<sub>2</sub>eq

## Resources

- Non-renewable energy: 0,0208 €/MJ primary\*1 MJ primary/MJ primary = 0,0208 €/MJ primary
- Mineral extraction: 0,0208 €/MJ primary\*1 MJ primary/MJ surplus= 0,0208 €/MJ surplus

## 2. Coefficienti di normalizzazione per ripristinare la valutazione del danno

### Human Health

- $f_n = 141 \text{ DALY}^{-1} / 31150 \text{ €/DALY} = 4,526484751\text{E-}3 \text{ €}^{-1}$

### Ecosystem quality

- $f_n = 7,3\text{E-}5 \text{ (PDFm}^2\text{yr)}^{-1} / 4,5906\text{E-}3 \text{ €/(PDFm}^2\text{yr)} = 0,01590206 \text{ €}^{-1}$

### Climate change

- $f_n = 0,000101 \text{ (kg CO}_2\text{eq)}^{-1} / 7,81\text{E-}3 \text{ €/kg CO}_2\text{eq} = 0,012932138 \text{ €}^{-1}$

### Resources

- $f_n = 0,00000658 \text{ MJ}^{-1} / 0,0208 \text{ €/MJ} = 3,163461538\text{E-}4 \text{ €}^{-1}$

### 3.7.5.2 I costi interni

I costi interni sono stati calcolati assieme ai costi esterni analizzando il processo Waste Compound Baalbek (TMB) con il Metodo IMPACT 2002+060614 (da 080513) vsoc/c.est.c.int V2.10, modificato per calcolare costi esterni, costi interni e la somma dei due costi.

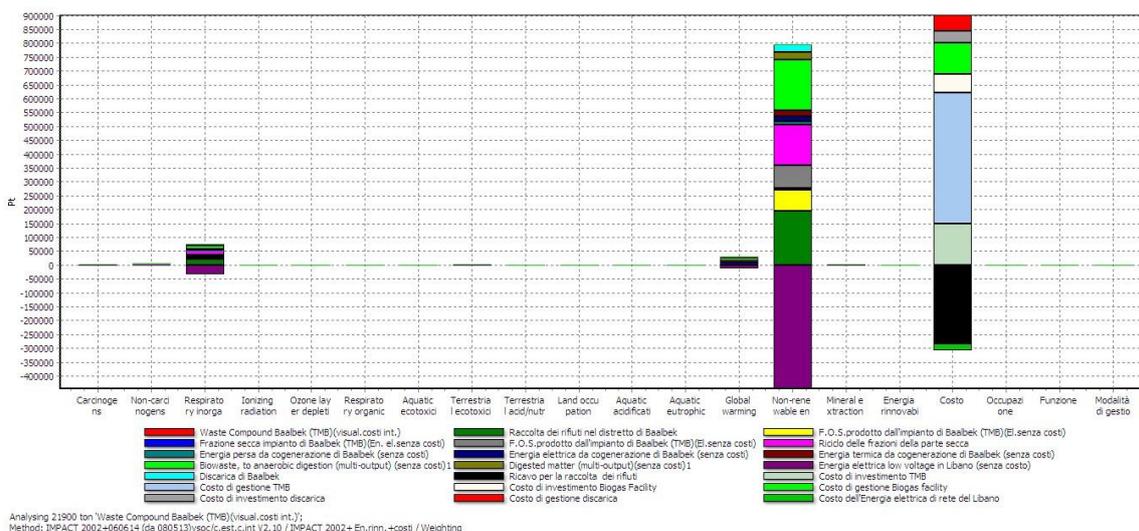


Figura 3. 20: Il diagramma della valutazione per impact category dei costi esterni e dei costi interni del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

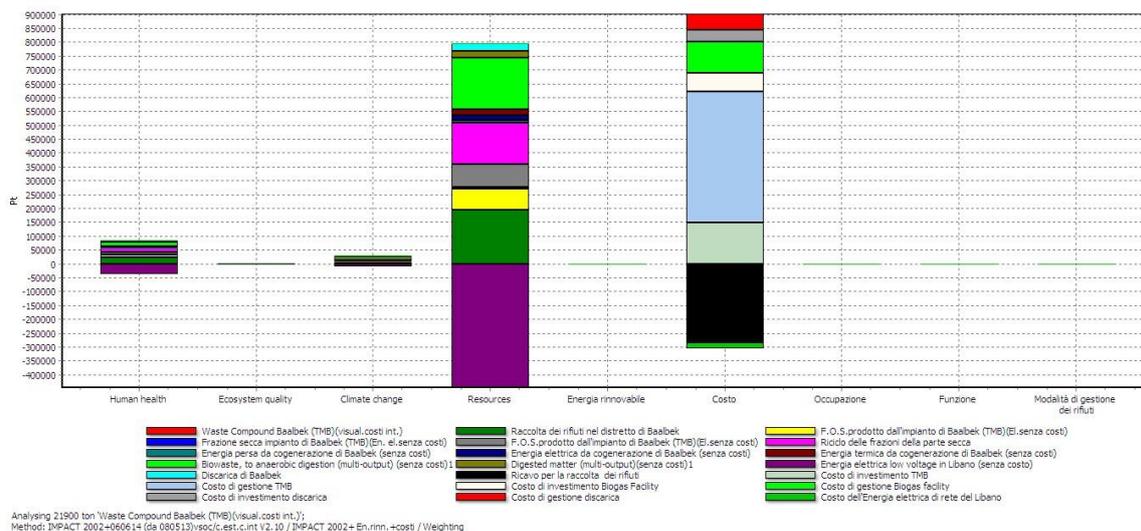


Figura 3. 21: Il diagramma della valutazione per damage category dei costi esterni e dei costi interni del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

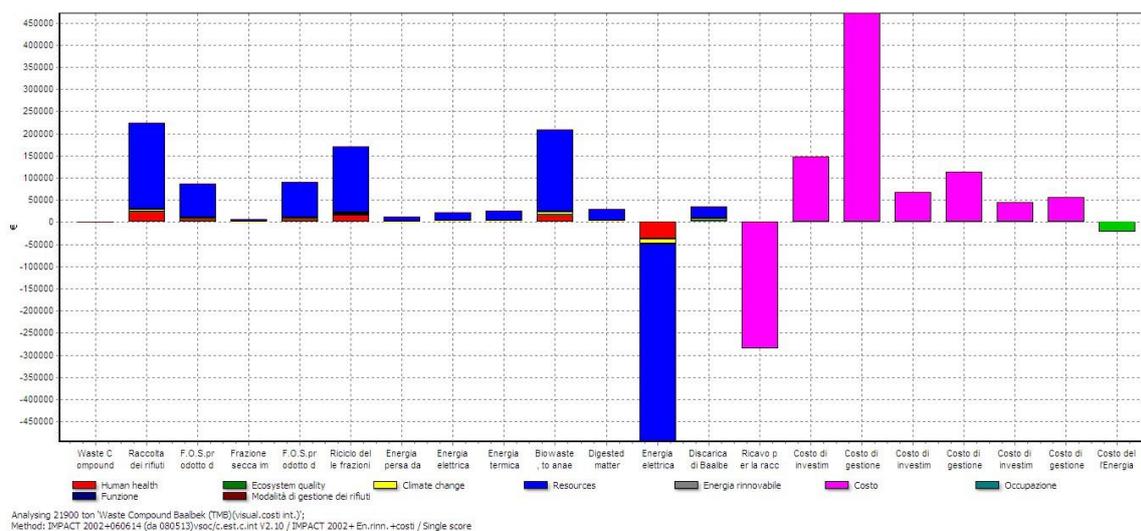


Figura 3. 22: Il diagramma della valutazione per single score dei costi esterni e dei costi interni del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

SimaPro 8.0.2 Impact assessment Date: 16/06/2014 Time: 12.14.44  
Project Waste Compounds Baalbek

Calculation: Analyse  
Results: Impact assessment  
Product: 21900 ton Waste Compound Baalbek (TMB)(visual.costi int.)  
(of project Waste Compounds Baalbek)  
Method: IMPACT 2002+60614 (da 080513)vsoc/c.est.c.int V2.10 /  
IMPACT 2002+ En.rinn.+costi  
Indicator: Single score

Skip categories: Never  
 Default units: Yes  
 Exclude infrastructure processes: No  
 Exclude long-term emissions: No  
 Per impact category: Yes  
 Sorted on item: Impact category  
 Sort order: Ascending

Impact category	Unit	Total	Waste Compound	Baalbek (TMB)	(visual.costi int.)	Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	F.O.S.prodotto
dall'impianto di Baalbek (TMB) (El.senza costi)	Frazione						secca
dall'impianto di Baalbek (TMB) (En. el.senza costi)	F.O.S.prodotto						
dall'impianto di Baalbek (TMB) (El.senza costi)	Riciclo						delle
frazioni della parte secca	Energia persa da cogenerazione di Baalbek (senza costi)						
Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek (senza costi)	Energia termica da cogenerazione di Baalbek (senza costi)						
Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output) (senza costi)1	Digested matter (multi-output) (senza costi)1						
Energia elettrica low voltage in Libano (senza costo)	Discarica di Baalbek						Ricavo per la
raccolta dei rifiuti	Costo di investimento TMB						Costo di gestione TMB
Costo di investimento Biogas Facility	Costo di gestione Biogas facility						Costo di investimento discarica
Costo di investimento discarica	Costo di gestione discarica						Costo dell'Energia elettrica di rete del Libano
Total Pt	1009477,4	0	223874,15	86784,558	6278,5244	91257,112	
	170863,42	11735,994	21711,588	25232,386	208329,24	29031,388	
	-495606,2	35744,402	-284700	148031,67	472140	66666,667	
	112948	45113,378	56715,552	-22674,442			
Carcinogens Pt	1120,9386	0	671,58779	306,33963	22,162478		
	322,12724	411,67727	37,577798	69,518926	80,792265	656,85645	
	91,53518	-1643,0172	93,780813	0	0	0	0
	0	0					
Non-carcinogens Pt	4757,8255	0	2600,2363	289,37668	20,935275		
	304,29009	1115,7694	39,260208	72,631384	84,409447	658,98702	
	91,832083	-723,50644	203,60409	0	0	0	0
	0	0					
Respiratory inorganics Pt	40865,757	0	20663,153	7109,407			
	514,33788	7475,7995	14995,164	1058,5992	1958,4085	2275,9883	
	14497,824	2020,321	-34305,387	2602,1422	0	0	0
	0	0					
Ionizing radiation Pt	49,412141	0	20,016635	14,119248			
	1,0214725	14,846902	48,532384	1,2901697	2,386814	2,7738649	
	18,571595	2,5880148	-82,493617	5,7586578	0	0	0
	0	0					
Ozone layer depletion Pt	6,731407	0	2,914613	0,78424758			
	0,056737255	0,82466479	1,9532232	0,10645091	0,19693418	0,22886945	
	1,9564173	0,2726334	-2,934256	0,37087203	0	0	0
	0	0					
Respiratory organics Pt	117,36931	0	78,238057	6,1418747			
	0,44434069	6,4584042	30,181405	1,2578138	2,3269555	2,7042997	
	18,300245	2,5502014	-34,820312	3,5860227	0	0	0
	0	0					
Aquatic ecotoxicity Pt	-1,1551638	0	-35,990701	2,2488461			
	0,16269525	2,3647433	15,475277	0,27796045	0,51422684	0,59761498	
	3,1927632	0,4449224	-8,4441738	18,000661	0	0	0
	0	0					

Terrestrial ecotoxicity	Pt	752,31013	0	232,93018	158,03049				
11,43289	166,17479	417,85788	10,436027	19,30665	22,437458				
161,34624	22,484148	-510,10514	39,978501	0	0	0	0		
0	0	0	0						
Terrestrial acid/nutri	Pt	358,23126	0	109,00303	28,541347				
2,0648551	30,012262	80,683357	10,740432	19,8698	23,091929				
176,78111	24,635049	-160,1428	12,950889	0	0	0	0		
0	0	0	0						
Land occupation	Pt	173,88203	0	49,293257	10,143512	0,73384358			
10,666271	53,20851	1,7560476	3,2486881	3,7755023	31,565074				
4,3987004	-21,179949	26,27257	0	0	0	0	0		
0	0								
Aquatic acidification	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0								
Aquatic eutrophication	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0								
Global warming	Pt	17127,928	0	4595,8993	1955,8875	141,50084			
2056,6867	4085,8391	440,07467	814,13814	946,16054	8059,8201				
1123,1633	-11739,099	4647,8562	0	0	0	0	0		
0	0								
Non-renewable energy	Pt	348933,04	0	194762,83	76674,71				
5547,1163	80626,24	149023,67	10120,824	18723,524	21759,771				
183904	25627,648	-445861,83	28024,535	0	0	0	0		
0	0	0	0						
Mineral extraction	Pt	974,30307	0	124,04166	228,82735				
16,554767	240,62027	583,41248	13,793211	25,51744	29,655403				
140,03686	19,514612	-513,23717	65,566196	0	0	0	0		
0	0	0	0						
Energia rinnovabile	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0								
Costo	Pt	594240,82	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112948	45113,378	56715,552	-22674,442						
Occupazione	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funzione	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modalità di gestione dei rifiuti	Pt	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0						

Tabella 3. 17: La tabella della valutazione dei costi esterni e dei costi interni del processo Waste Compound Baalbek (TMB)

Dall'analisi dei risultati si nota che:

- Il costo interno maggiore è quello dovuto alla gestione del TMB (472'140 €).
- Sono state considerate due fonti di ricavi: il ricavo dovuto all'erogazione del servizio di raccolta dei rifiuti (284'700 €) e il ricavo dovuto alla vendita del surplus di energia (22'674 €).

### 3.7.5.2.1 I costi interni ed esterni del processo *Waste Compound Baalbek (TMB)*

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati del calcolo dei costi esterni con EPS 2000 e con IMPACT 2002+ modificato.

<b>Metodo</b>	<b>Human Health</b> [ELU] [€]	<b>Ecosystem production capacity</b> [ELU]	<b>Abiotic stock resource</b> [ELU] <b>resource</b> [€]	<b>Biodiversity</b> [ELU] <b>Ecosystem quality</b> [€]	<b>Climate change</b> [€]	<b>Totale</b> [€]
EPS 2000	5,5189E5	1,6257E5	7,8714E5	8290,6	/	1,5099E6
IMPACT 2002+	46918	/	3,4991E5	1283,3	17128	415239,3
Costi interni						5,9424E5
Totale costi interni e costi esterni calcolati con IMPACT						1,0095E6

Tabella 3. 18: I costi interni ed esterni con i Metodi EPS 2000 e IMPACT 2002+ modificato del processo *Waste Compound Baalbek (TMB)*

Dalla tabella si nota che:

- il costo esterno calcolato secondo IMPACT (415'239,3 €) è il 27.5% di quello calcolato con EPS (1'509'900 €). I due metodi scelti usano una filosofia diversa sia nella definizione delle categorie di impatto e di danno, sia nei criteri utilizzati per attribuire i costi esterni ai danni.
- Inoltre, mentre EPS è un Metodo della Svezia, IMPACT è stato modificato da un gruppo di studio costituito da un ricercatore dell'ENEA e da alcuni laureandi durante quindici anni di attività.
- Il costo interno (594'240 €) è 1.43 volte superiore al costo esterno calcolato con IMPACT (415'239,3 €) e 0,394 volte inferiore al costo esterno calcolato con EPS (1'509'900 €). Il costo interno è calcolato senza tener conto delle tasse.
- Il costo totale calcolato come somma del costo interno e del costo esterno (con IMPACT) vale 1'009'500 €. Tale costo può essere calcolato solo nell'ipotesi che il costo interno e quello esterno siano indipendenti. Se i costi interni includessero anche le tasse, e quest'ultime fossero calcolate anche al fine di rimediare ai danni ambientali, non sarebbe corretto considerare la somma dei due costi.

#### 3.7.5.2.2 Conclusioni sui costi

Dall'analisi economica si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il costo esterno calcolato secondo IMPACT (415239,3 €) è il 27.5% di quello calcolato con EPS (1'509'900 €).
- Il costo interno (594'240 €) è 1.43 volte superiore al costo esterno calcolato con IMPACT (415'239,3 €) e 0.394 volte inferiore al costo esterno calcolato con EPS (1'509'900 €).
- Il costo interno maggiore è quello dovuto alla gestione del TMB (472'140 €).
- Sono state considerate due fonti di ricavi: il ricavo dovuto all'erogazione del servizio di raccolta dei rifiuti (284'700 €) e il ricavo dovuto alla vendita del surplus di energia (22'674 €).

## 4 VALUTAZIONI DI NATURA SOCIALE, LEGALE ED ISTITUZIONALE

Dopo la quantificazione del vantaggio sociale derivante dall'attività del Waste Compound, realizzata nel precedente Capitolo mediante l'introduzione di "nuovi" indicatori sociali nello studio LCA, in questo Capitolo si affrontano le principali problematiche di natura sociale, legale ed istituzionale legate, in generale, alla gestione dei RSU in Libano. L'obiettivo del Capitolo è di toccare un po' tutti gli aspetti sociali interessati, dando un prospetto ampio e completo del contesto in cui opera il Waste Compound. Il passo successivo corrisponde all'individuazione delle principali criticità culturali, sociali ed istituzionali di cui è necessario tener conto per l'introduzione di un Sistema di Gestione Integrata dei RSU. Preso atto di queste criticità, è possibile ipotizzare lo sforzo che una società operante nel settore dovrà adottare al fine di contribuire ad un miglioramento delle prestazioni dell'intero sistema, di cui essa stessa potrà beneficiare.

### 4.1 Quadro di riferimento amministrativo e legale

In questo sottocapitolo è fornita una sintesi degli strumenti legali, delle politiche adottate, delle leggi e dei regolamenti che devono essere applicati durante la costruzione e l'esercizio degli impianti di trattamento dei rifiuti solidi nella Repubblica del Libano.

#### 4.1.1 *Quadro di riferimento amministrativo e istituzionale*

I servizi di raccolta e smaltimento dei rifiuti solidi in Libano durante la guerra civile si sono deteriorati a tal punto da divenire inesistenti. I metodi più comuni per lo smaltimento dei rifiuti divennero la combustione e l'abbandono incontrollato ai bordi delle strade, nelle campagne e sulle spiagge. Inoltre, spesso i RSU erano mescolati ai rifiuti ospedalieri e ai rifiuti industriali pericolosi. Tutto ciò contribuiva a creare problemi d'inquinamento non trascurabili.

Alla fine della guerra, il Governo libanese, attraverso il Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione (Council for Development and Reconstruction, CDR), ha lanciato il Piano di Emergenza per la Ricostruzione Nazionale (National Emergency Reconstruction Plan, NERP), un programma multisetoriale che si poneva come obiettivo la riabilitazione delle infrastrutture del Paese e il superamento dei problemi di tali infrastrutture. La ricostruzione del Sistema libanese di Gestione dei Rifiuti Solidi è stata portata avanti usando un prestito proveniente dalla Banca Mondiale, con il nome di progetto SWEMP (Solid Waste Environmental Management Project).

La raccolta e lo smaltimento dei rifiuti solidi in Libano sono sotto la responsabilità dei Comuni, secondo la Legge No. 8735 del 1974, che assegna ai singoli Comuni la gestione dei rifiuti all'interno dei limiti catastali.

La raccolta è svolta generalmente dai dipendenti comunali o da società private che vincono l'appalto. Mentre per quanto riguarda le modalità di smaltimento, il seguente grafico a torta

(Figura 4.1) mostra l'attuale distribuzione relativa alle differenti possibili destinazioni finali dei RSU in Libano.

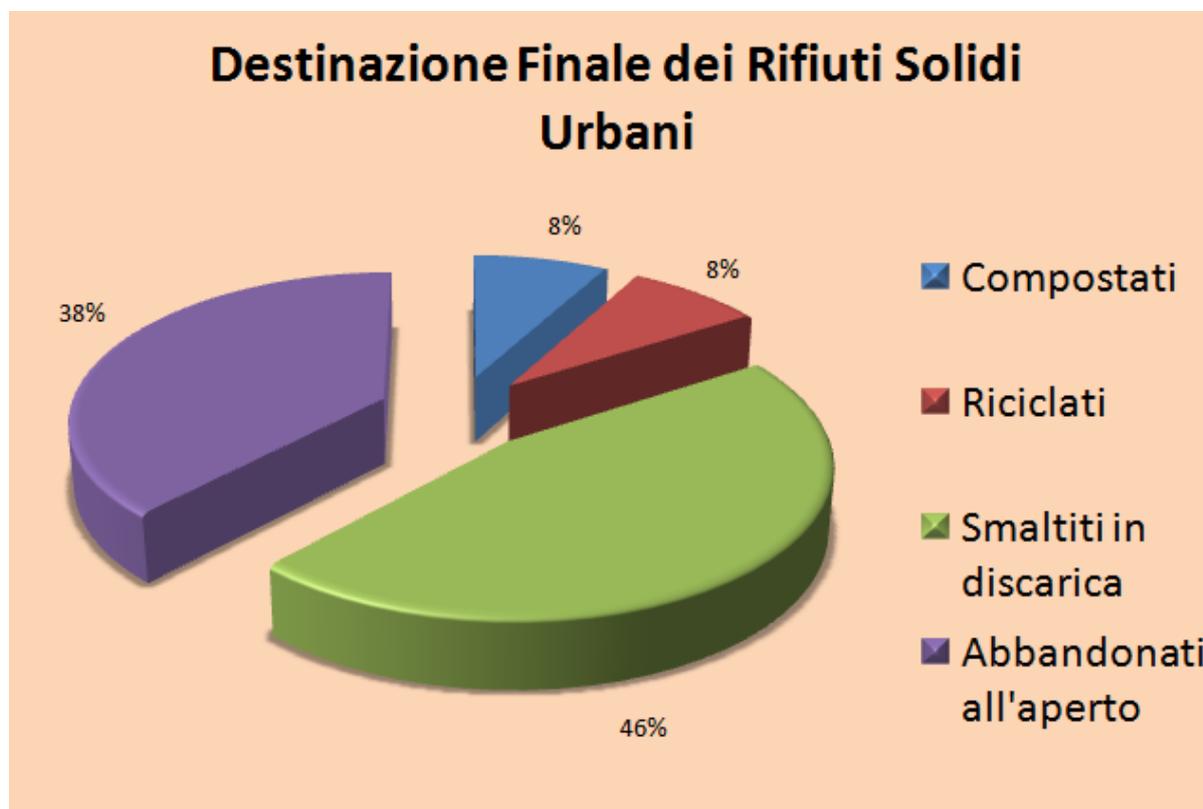


Figura 4.1: Destinazione finale dei RSU

L'implementazione di un qualunque sistema di gestione dei rifiuti solidi in Libano comporta un numero elevato di autorizzazioni, tali autorizzazioni devono essere richieste a diversi enti appartenenti a tre sfere diverse di governo: il Ministero degli Interni e delle Municipalità (Ministry of Interior and Municipalities, MoIM) e i Comuni, il Ministero dell'Ambiente (Ministry of Environmental, MoE) e il Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione (Council for Development and Reconstruction, CDR).

### **Il Ministero degli Interni e delle Municipalità e i Comuni**

Il MoIM è coinvolto indirettamente nella gestione dei RSU come "autorità competente" responsabile di supervisionare le attività dei Comuni.

I singoli Comuni e le Unioni Comunali realizzano, tra i tanti progetti, anche progetti condivisi, di cui beneficiano diverse Municipalità, tra questi progetti emergono quelli di gestione dei RSU. Le Municipalità, sotto la guida del MoIM, sono responsabili di finanziare le attività di gestione dei RSU tramite alcune entrate comunali, costituite da tasse comunali e da una specifica quota di alcuni ricavi, derivanti da un supplemento sul costo del telefono, elettricità, bolletta dell'acqua, nonché dai dazi sulle importazioni.

### **Il Ministero dell'Ambiente**

Il MoE, istituito nel 1981 e reintegrato nel 1993, è responsabile della pianificazione e del monitoraggio di tutti gli aspetti di carattere ambientale. Esso gioca un ruolo importante nella creazione di un sistema di gestione ambientale e garantisce che i problemi ambientali siano tenuti in considerazione in tutti i processi decisionali nazionali e per ogni specifico settore. Le funzioni generali e specifiche del MoE sono descritte nella Legge No.216 del 1993 art.2. Prima di sviluppare un sistema di gestione dei RSU, deve essere presentata al MoE una Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), che indagli sugli effetti ambientali, sociali ed economici di tale sistema. La preparazione del VIA per tutti gli impianti e le infrastrutture destinate alla gestione dei rifiuti consente dei vantaggi, permettendo di identificare, in anticipo, i problemi ambientali verso cui il progetto andrà incontro. Esso deve fornire indicazioni dettagliate sulle attività e sugli strumenti che sono stati previsti e a cui si ricorre per affrontare pienamente questi problemi. Tale approccio è particolarmente importante nella pianificazione dei sistemi di gestione dei rifiuti, poiché consente di abbattere le forti resistenze e opposizioni delle comunità locali che frequentemente si presentano rispetto alla realizzazione di discariche e di altri impianti.

### **Il Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione**

Il CDR è stato istituito attraverso il Decreto No.5 del 1977. Le responsabilità del CDR si sviluppano su tre obiettivi: il completamento di un piano d'interventi per la ripresa, la ricostruzione e lo sviluppo e la loro schedulazione temporale; garantire il finanziamento dei progetti presentati; supervisionare la loro realizzazione e il loro utilizzo, contribuendo al processo di reinserimento e recupero delle istituzioni pubbliche. Sotto l'autorità del Primo Ministro, il CDR ha seguito l'implementazione di specifici progetti per la gestione dei rifiuti solidi, soprattutto presso la Capitale Beirut.

### **Altre istituzioni con responsabilità sulla gestione dei RSU**

Le responsabilità istituzionali per la gestione dei rifiuti solidi del Libano sono in parte sovrapposte, ostacolando così un'efficiente gestione. Oltre alle istituzioni sopra citate, sono coinvolti sull'argomento anche: il Ministero della Salute Pubblica, che ha il dovere di proporre specifiche tecniche e termini di riferimento da seguire in tutti i progetti che riguardano i sistemi di raccolta e smaltimento dei RSU; il Ministero dei Lavori Pubblici e dei Trasporti, interessato alla costruzione di strade e alla progettazione delle discariche; la Direzione Generale per la Pianificazione Urbanistica, che si occupa di presentare progetti per la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti domestici, redige i documenti necessari per ognuno di questi progetti e ne supervisiona l'esecuzione. La Direzione Generale per la Pianificazione Urbanistica ha anche un ruolo importante nella selezione del sito di costruzione di tutti gli impianti per la gestione dei rifiuti. Le Unioni Comunali, invece, intervengono su tutti quei progetti di cui beneficiano più Comuni e quindi anche su alcuni progetti per lo smaltimento dei RSU.

#### 4.1.2 Quadro di riferimento legale

Il Libano ha molte leggi e regolamenti relativi alla tutela dell'ambiente, datati anche prima del 1930, tuttavia, fino ad oggi, non è stato ancora delineato un quadro di riferimento legislativo specifico che si occupi direttamente della gestione dei rifiuti solidi. In generale la regolamentazione manca di chiarezza e precisione, il coordinamento tra le autorità è minimo, e l'attuazione è praticamente inesistente, soprattutto a causa della carenza di personale, mancanza di adeguata formazione, basso livello delle ammende e interferenze politiche. Molto importante è anche la mancanza d'implementazione e attuazione delle leggi ambientali da parte del personale che dovrebbe farle rispettare (ispettori della sanità, agenti di polizia e pubblico in generale, che dovrebbe rispettarle per conto proprio).

Inoltre, durante la guerra civile libanese, tutti i sistemi di raccolta e smaltimento dei rifiuti, come già detto, hanno subito un fortissimo degrado.

Ad oggi, in Libano manca una vera e propria politica o strategia nazionale di gestione dei rifiuti solidi; tuttavia, più tentativi sono stati realizzati e più parti interessate sono state coinvolte:

- una Strategia di Gestione dei Rifiuti Solidi Urbani per il Libano è stata elaborata dal Ministero dell'Ambiente nel 2002;
- un Piano di Gestione dei Rifiuti è stato proposto dal Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione nel 2006;
- una Strategia Nazionale per la Gestione Integrata dei RSU del paese è stata presentata dal Ministero dell'Ambiente al Consiglio dei Ministri nel 2010.

Come già detto, in realtà non esiste un quadro legislativo specifico che tratti direttamente la gestione dei rifiuti solidi urbani. Due decreti sono i principali strumenti giuridici con cui si affronta questo tema nello specifico:

- il Decreto 8735 del 1974 che assegna la responsabilità nella Gestione dei RSU ai Comuni;
- il Decreto 9093 del 2002, che prevede un incentivo per i Comuni che ospitano un impianto di trattamento o gestione dei rifiuti.

Inoltre, un progetto di legge sulla Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi a livello nazionale, nell'ambito del programma METAP (Mediterranean Environmental Technical Assistance Program), presentato dal Ministero dell'Ambiente al Consiglio dei Ministri nel 2010, è ancora in fase d'implementazione.

Le leggi presentate in Tabella 4.1 sono le principali leggi libanesi rivolte alla protezione e conservazione dell'ambiente, in generale, e alla gestione dei rifiuti solidi, in particolare.

<b>Legislazione</b>	<b>Data</b>	<b>Gazzetta Ufficiale</b>	<b>Breve descrizione</b>
Decreto 2775	1928	-	È proibito lo scarico di inquinanti nei corsi d'acqua pubblici.
Decreto 7975	5/5/1931	-	I rifiuti non possono essere abbandonati intorno alle case ma devono essere rimossi dalle Municipalità.
Decreto 21	22/7/1932	8/8/1932	Sono identificati gli impianti che possono essere pericolosi o che possono causare problemi alla salute pubblica o fastidi. Si definiscono penalità e multe associate (successivamente aggiornate).
Decreto 2761	19/12/1933	-	Regola lo smaltimento delle acque di scarico e reflui. Vengono

			elencate le penalità in caso di smaltimento illegale dei rifiuti urbani ed industriali.
Legge 6	8/1/1968	-	Regola la vendita dei fertilizzanti (relativa sia ai fertilizzanti che al compost).
Decreto 15659	21/9/1970	-	Regola la vendita, la produzione, l'imballaggio e l'importazione di fertilizzanti.
Decisione 425 / 1	8/9/1971	-	Definisce la responsabilità dei Comuni per la raccolta dei rifiuti. I rifiuti devono essere posti in sacchetti di plastica per lo smaltimento e non devono essere scaricati per strada o in altri luoghi pubblici.
Decreto 8735	23/8/1974	Edizione 72 datata 9/9/1974	Per preservare l'igiene pubblica, i Comuni sono responsabili della raccolta e smaltimento dei rifiuti urbani. Elettrodomestici e rifiuti da costruzione non possono essere smaltiti in luoghi pubblici o terreni privati adiacenti a strade e quartieri residenziali. È un reato abbandonare i rifiuti sulle strade, edifici governativi e aree pubbliche. Solo contenitori ben chiusi devono essere utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti. I Comuni non possono far accumulare rifiuti sul ciglio delle strade prima di provvedere alla raccolta. I rifiuti non devono essere trasportati in veicoli aperti, ma in veicoli ben coperti. I siti di smaltimento devono avere l'approvazione del Consiglio Sanitario del Mohafaza.
Legge 64	12/8/1988	-	Regola la tutela dell'ambiente contro l'inquinamento da rifiuti pericolosi e sostanze tossiche. Vengono definiti i doveri di ognuno per preservare la sicurezza dell'ambiente dall'inquinamento. È pubblicato un elenco di rifiuti pericolosi. Sono vietati l'importazione e il possesso di rifiuti radioattivi o tossici.
Legge 216	2/4/1993	Edizione 14 datata 8/4/1993	Creazione del Ministero dell'Ambiente, che è responsabile della tutela dell'ambiente e del suo monitoraggio.
Decisione 1292	6/11/1993	Edizione 47 datata 25/11/1993	Decisione del Ministero delle Municipalità e degli Affari Rurali (MoMRA) relativa alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione all'interno della città di Beirut.
Legge 197	18/2/1993	Allegata all'Edizione 7 18/2/1993	Viene istituito il Ministero delle Municipalità e degli Affari Rurali. Esso ha il compito di provvedere alla pianificazione strategica, al budgeting e alla programmazione, nonché alla revisione di tutte le attività, dei diversi Comuni del Libano. La legge 247 del 2000/09/08 (Numero 35 del 14/8/93) abolisce il MoMRA e ne fonde le funzioni col Ministero degli Interni, creando così il Ministero dell'Interno e delle Municipalità.
Legge 387	4/11/1994	Edizione 45 datata 10/11/1994	Ratifica della Convenzione di Basilea per il trasporto di rifiuti pericolosi da parte del Libano.
Legge 359	1/7/1994	Edizione 32 datata 11/8/1994	Ratifica della Convenzione sul Cambiamento Climatico da parte del Libano (ciò comporta la riduzione delle emissioni di gas serra, cioè di metano e anidride carbonica, nel caso delle discariche di rifiuti solidi).
Decreto 4917	24/3/1994	Allegato all'Edizione 13 31/3/1994	Modifica della tabella 1 decreto 21 datato 22/7/1932, sulla classificazione degli impianti pericolosi o che possono creare problemi alla salute pubblica.
Legge 501	6/6/1996	Edizione 24 datata 17/6/1996	Stabilisce un accordo per accettare un prestito dalla Banca Mondiale per l'attuazione di un Progetto sulla Gestione Ambientale dei Rifiuti Solidi (SWEMP) in Libano. Il progetto prevede discariche a livello nazionale e la costruzione di una migliore capacità istituzionale del governo in materia di gestione dei rifiuti solidi.
Decisione 52/1	29/6/1996	Edizione 45 datata 12/9/21996	Sono introdotte nuove norme per la riduzione dell'inquinamento delle acque, dell'aria e del suolo (in parte poi aggiornati nella decisione 8/1 del 30/1/2001).
Legge 667	29/12/1997	Edizione 59 datata 30/12/1996	Modifiche alla Legge 216, di creazione del MoE.
Decisione 71 / 1	19/5/1997	Edizione 28 datata 7/6/1997	Modifiche alla Decisione 22 /1 del 17/12/1996 che regola l'importazione dei rifiuti e definisce le sanzioni collegate.

Analisi di sostenibilità del sistema di gestione dei rifiuti in Baalbek (Libano): valutazioni economico-finanziarie, quantificazione degli impatti ambientali mediante LCA e considerazioni di natura sociale ed istituzionale

Legge 247	9/8/2000	Edizione 35 datata 14/8/2000	Abolizione del MoMRA e fusione delle sue funzioni con quelle del Ministero degli Interni, creando così il Ministero dell'Interno e delle Municipalità (MoIM).
Decisione 8/1	30/1/2001	-	Modifica parziale della decisione del MoE 52/1 del 29/6/1996 che comprende nuove norme per il controllo delle emissioni in atmosfera, effluenti liquidi ed impianti di trattamento delle acque reflue.
Decreto 8006	21/6/2002	Edizione 36 datata 21/6/2002	Individuazione delle categorie di rifiuti generati da strutture mediche (rifiuti sanitari) e opzioni di trattamento e smaltimento.
Decreto 9093	15/11/2002	Edizione 63 datata 21/11/2002	Modifiche del Decreto 1917 datato 1979/06/04. Si stabilisce che ogni Comune che costruisce una discarica o un impianto di trattamento dei rifiuti sul suo territorio otterrà 5 volte la quota assegnatagli del Fondo Comunale Indipendente, e se questo Comune accetta di trattare i rifiuti provenienti da altri 10 Comuni, tale quota sarà 10 volte superiore a quella assegnata.
Legge 444	29/7/2002	Edizione 44 datata 8/9/2002	Legge di Protezione Ambientale (Strategia di Gestione dei RSU, proposta dal Ministero dell'Ambiente): vengono descritti i principi fondamentali e le regole comuni, l'organizzazione sulla tutela dell'ambiente, il sistema di informazione ambientale e le modalità di partecipazione alla gestione e alla tutela dell'ambiente, la valutazione dell'impatto ambientale, la protezione dei comparti ambientali, le responsabilità e sanzioni, oltre ad altri regolamenti.
Progetto di Decreto	2003	-	Decreto sulla Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) in Libano. Impianti e discariche di trattamento dei rifiuti solidi devono svolgere una VIA e presentarne una relazione. Un compito del MoE è quello di esaminare e valutare le relazioni di VIA.
Progetto di Decreto	2003	-	Decreto sulla Gestione dei Rifiuti Industriali e Pericolosi. Il decreto riguarda la classificazione dei rifiuti industriali e pericolosi. Il MoE è responsabile della sua applicazione. Si regolano l'identificazione, la movimentazione, lo stoccaggio, il trasporto, il trattamento, lo smaltimento e le procedure di raccolta e conservazione dei dati. Il MoE è responsabile di definire piani e strategie di gestione sul territorio, e della loro applicazione e monitoraggio. Chi produce il rifiuto è, invece, responsabile del suo trattamento/smaltimento. Vengono definite anche le sanzioni in caso di violazione.
Progetto di Decreto	2003	-	Definizione dei permessi da concedere agli enti che gestiscono i rifiuti industriali e pericolosi. Il MoE concede tali permessi. Sono descritte le procedure per la richiesta di autorizzazioni per il trasporto, lo stoccaggio, il trattamento e lo smaltimento di rifiuti industriali e pericolosi. Il MoE è responsabile della loro applicazione e monitoraggio. Sono descritte le sanzioni adottate in caso di violazioni e sono fornite le linee guida per le operazioni di smaltimento e per la gestione delle discariche per rifiuti industriali e pericolosi.
Decisione No. 28	17/07/2003	-	Il Consiglio dei Ministri dirige il CDR nella preparazione di uno studio per l'espansione della discarica di Tripoli e proroga il periodo del suo utilizzo.
Decisione No. 16	14/08/2003	-	È gestito il lancio di una gara d'appalto internazionale per la costruzione e la gestione degli impianti di trattamento dei rifiuti solidi di Amrousieh e di Qarantina e delle discariche di Naameh e di Bsalim, per un periodo di dieci anni.
Decisione No. 70	12/02/2004	-	Il Consiglio dei Ministri approva la proroga del funzionamento della discarica di Zahleh e il contratto di gestione per tre anni.
Decisione No. 41	18/02/2005	-	Il Consiglio dei Ministri approva un progetto di legge che comprende una serie di progetti, per un importo complessivo di 12 milioni di dollari, distribuiti nell'arco di cinque anni. Essi consentono di coprire il costo di espansione e di funzionamento di diverse strutture.
Decisione No. 1	28/06/2006	-	Il Consiglio dei Ministri approva il massiccio piano di gestione dei rifiuti domestici proposto dal CDR (Waste Management Plan).
Decisione No. 62	21/05/2007	-	Il Consiglio dei Ministri approva il trasferimento della gestione della discarica di Zahle al Comune di Zahle - Maalaka, questo funge da incoraggiamento per altri Comuni a fare lo stesso.
Decisione No.	10/11/2007	Edizione 73	Decisioni del Consiglio per lo Sviluppo e la Ricostruzione su:

88		(2/1) datata 22/11/2007	A – Gare d'appalto per la gestione dei rifiuti solidi domestici su tutto il territorio libanese. B – Sviluppo della discarica di Naameh e gestione delle discariche di rifiuti solidi urbani per la Capitale Beirut e alcune zone adiacenti.
Decreto 4760	02/08/2010	Edizione 39 datata 19/08/2010	Accordo per la concessione al governo italiano di attuare un progetto di gestione integrata dei rifiuti solidi nel distretto di Baalbek.

Tabella 4.1: Riassunto delle leggi riguardanti la gestione dei rifiuti solidi in Libano

## 4.2 Quadro sociale di riferimento

### 4.2.1 Accessibilità dei servizi e disponibilità al pagamento dell'opinione pubblica libanese

Il progetto di legge sulla Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi in Libano (del 2010) e il quadro giuridico di riferimento, descritto precedentemente, forniscono le indicazioni necessarie ad affrontare il problema della gestione dei rifiuti sotto diversi aspetti, in particolare:

- L'impostazione delle fonti di finanziamento
- Il recupero dei costi di gestione

Gli investimenti e i costi d'esercizio delle società che forniscono servizi legati ai rifiuti e dei gestori d'impianti per rifiuti solidi potrebbero essere recuperati attraverso una serie di fonti incluse:

- Tributi diretti alla base della gestione dei rifiuti (ad esempio, tasse per la produzione di rifiuti) comprese le tasse legate alle varie forme di trasporto e trasferimento e le tasse sul trattamento e lo smaltimento. Questi tributi dovrebbero essere raccolti da enti locali o da loro agenti che lavorano nell'ambito di accordi di licenza, franchising, appalto o concessione;
  - Tasse sul prodotto per rifiuti da imballaggio;
  - Multe da attività non conformi alle norme e all'applicazione degli standard stabiliti dai decreti ministeriali;
  - Altre fonti di recupero dei costi, definite mediante decreti ratificati dal Consiglio dei Ministri sulla base delle proposte del Ministero delle Finanze e del Ministero dell'Ambiente.
- La nomina delle autorità per la raccolta dei tributi relativi alla gestione dei rifiuti
  - La definizione degli incentivi non fiscali
  - La definizione degli incentivi fiscali: nel tentativo di incoraggiare la partecipazione del settore privato, la legge prevede lo sviluppo di incentivi fiscali che promuovano una sicura ed efficace gestione dei rifiuti. Questi possono essere, per esempio:
    - esenzioni fiscali per l'acquisto di materiale recuperato e riciclato;
    - riduzione delle imposte sul reddito, per imprese o enti privati (comprese ONG, imprese che producono o detengono rifiuti, gestori di impianti e fornitori di servizi) a cui viene riconosciuto di eseguire efficaci attività di gestione dei rifiuti.

L'attuazione della strategia prevista per garantire i finanziamenti necessari sia per il recupero dei costi d'investimento sia d'esercizio dei servizi e degli impianti di gestione dei rifiuti, è possibile attraverso diversi schemi e tipi di contratto (ad esempio, i contratti BOT, zero coupon bond) (SWEEP-Net, 2010).

D'altra parte è obbligatorio considerare che la valutazione delle fonti per il recupero dei costi di gestione di tali servizi è inutile se non viene prima analizzata l'accessibilità dei servizi e la disponibilità a pagarli del pubblico libanese. Uno svantaggio della mancanza, ad oggi, di tasse speciali relative al settore della gestione dei rifiuti solidi è che, anche se i residenti rispettano i loro doveri e pagano le tasse comunali, sono raramente consapevoli del fatto che stanno pagando anche per i servizi di gestione dei rifiuti (SWEEP-Net, 2010). Tasse esplicitamente legate ai servizi di gestione dei rifiuti solidi sono quindi una componente essenziale di un sistema integrato e completo di gestione dei rifiuti, che non può essere evitata nel lungo periodo. D'altra parte, tali spese favoriscono un comportamento più responsabile dei produttori di rifiuti (siano essi famiglie o imprese) introducendo la logica del "chi inquina paga". Un'implementazione graduale di tali tasse può prevedere un parziale recupero dei costi, in una fase iniziale corrispondente, per esempio, ad un recupero dei costi di funzionamento, per arrivare poi ad un recupero totale dei costi, in una fase successiva, a seconda del grado di convincimento della popolazione a pagare tali tasse.

#### **4.2.2 Partecipazione del settore privato**

La partecipazione del settore privato è un elemento chiave nella gestione dei rifiuti solidi in Libano. Nelle principali città la raccolta dei rifiuti è, infatti, completamente delegata a società private (SWEEP-Net, 2010):

- La raccolta e il trasferimento dei RSU nella Capitale Beirut e in parte del Monte Libano sono svolti dalla società Sukleen, con un livello di qualità alto del servizio. La raccolta dei rifiuti e la pulizia delle strade garantiscono, in tal caso, un elevato livello di pulizia urbana, ma comportano anche costi abbastanza significativi.
- Al di fuori della Capitale Beirut e del Monte Libano, nelle altre principali città (come Tripoli e Zahleh) la qualità del servizio privato di raccolta e trasferimento è accettabile, anche se ad un livello inferiore rispetto a Beirut e al Monte Libano, ma con costi sostanzialmente più bassi.

A Tripoli, attraverso una gara d'appalto, è stato assegnato il servizio di raccolta dei rifiuti alla società privata Lavajet e quello di smaltimento alla società BATCO. Anche nella città di Zahleh sono soggetti privati a partecipare alla raccolta e allo smaltimento dei rifiuti, di cui sono state cedute le gestioni attraverso gare d'appalto.

Anche nelle attività di trattamento e smaltimento dei RSU in gran parte del Libano è interessato il settore privato:

- sono stati coinvolti imprenditori internazionali nella bonifica di siti, che costituivano discariche all'aperto e non controllate lungo tutto il litorale di Beirut. Il contratto è stato aggiudicato da SOLIDERE, la società responsabile per lo sviluppo del Distretto Centrale di Beirut.

- Le società private SUKOMI Trattamento dei Rifiuti e SUKOMI Discariche eseguono, invece, la pressatura, l'imballaggio, il trasporto e lo smaltimento in discarica dei RSU nella Capitale Beirut;
- Nella città di Saida, il settore privato è stato coinvolto nella costruzione di un digestore anaerobico per il trattamento i rifiuti urbani della città. Tuttavia, anche se già realizzato, questo impianto non è ancora operativo;
- Alcune aziende private locali, specializzate nella gestione dei rifiuti, sono state coinvolte nella costruzione e gestione di alcuni impianti di compostaggio, realizzati in alcuni villaggi e aree rurali attraverso i finanziamenti dall'USAID e dell'Unione Europea (mediante l'OMSAR).
- Alcuni esempi di imprese di riciclaggio, che operano sul territorio, sono invece: SICOMO e SOLICAR per il riciclaggio di carta e cartone, ELIE DEBS Company per il riciclaggio della plastica, LEEDS per il riciclaggio di HDPE e LDPE, e SOLIVER per il riciclaggio del vetro (la lista completa è presente il APPENDICE 6). Il metallo riciclato viene generalmente pressato e venduto agli esportatori, poiché non ci sono molte fonderie locali che lavorano con il metallo recuperato.
- Ci sono, infine, molte attività nel settore privato "informali" e "semi-formali" di riciclaggio che giocano un ruolo importante in tutto il Libano e che rappresentano un mezzo di sostentamento per almeno un migliaio di persone.

Nella maggior parte dei casi, in Libano il settore privato è più efficace del settore pubblico nella gestione dei rifiuti (sia a livello tecnico, che finanziario), a causa della mancanza, da parte dei Comuni, non solo di mezzi finanziari ma anche di risorse e competenze. Questo è vero nonostante non venga sempre garantita apertura, trasparenza e competitività durante le procedure attraverso le quali le società private si aggiudicano l'appalto. Tuttavia, l'assenza di una procedura di appalto affidabile per la gestione dei progetti nel settore rifiuti, può portare ad alcuni fallimenti o al manifestarsi di problemi e ritardi. Il progetto di legge sulla Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi mira a incoraggiare la partecipazione del settore privato in questo tipo di attività. Pertanto la legge ha richiesto un decreto che indichi nel dettaglio le procedure da seguire che riguardano tutti gli appalti in tale settore. Il decreto supporta la partecipazione del settore privato attraverso:

- l'identificazione delle attività di gestione dei rifiuti: che includono la costruzione, il funzionamento, la manutenzione, l'aggiornamento, la riparazione, l'espansione, il controllo, il monitoraggio e le attività di post-chiusura delle strutture che operano nel settore, nuove e già esistenti, nonché la fornitura di un servizio (raccolta dei rifiuti, trasporto e trasferimento, trattamento);
- l'identificazione delle responsabilità istituzionali in materia di privatizzazione;
- l'identificazione di una procedura di appalto affidabile per progetti di gestione dei rifiuti;
- l'impostazione dei requisiti degli appaltatori;
- lo sviluppo di criteri attraverso i quali ci si aggiudica i contratti d'appalto;
- specifiche per definire i termini contrattuali minimi e fondamentali.

### ***4.2.3 Sensibilizzazione dell'opinione pubblica e partecipazione della comunità***

In Libano la sensibilizzazione dell'opinione pubblica e la partecipazione della comunità a sostegno della gestione dei rifiuti solidi sono ancora molto deboli. Per la prima volta la partecipazione pubblica è stata richiesta per l'identificazione dei siti di discarica di alcuni progetti finanziati dalla Banca Mondiale, dall'Unione Europea o da altre agenzie volontarie, nel 1996. La partecipazione pubblica è stata poi introdotta come componente necessaria durante le procedure di preparazione del VIA per tutti gli impianti destinati alla gestione dei rifiuti solidi. Altre azioni di sensibilizzazione del pubblico sono state intraprese da ONG, da alcune società di consulenza, dalle società che forniscono i servizi e dai diversi Comuni.

Nonostante ciò, ancora oggi, si percepisce fortemente la mancanza di consapevolezza e conoscenza da parte del pubblico delle tecniche e modalità per la gestione dei rifiuti solidi, infatti la stragrande maggioranza della popolazione locale vede il compostaggio, lo smaltimento in discarica e l'incenerimento come le uniche misure e soluzioni possibili. Solo pochi sono inclini a prendere in considerazione e rispettare il principio delle 3R (riduzione - riuso - riciclo).

Alcuni tentativi per attuare la separazione alla fonte (raccolta differenziata) in alcune aree della capitale Beirut non hanno avuto grande successo, mentre risultati migliori si sono raggiunti in alcuni villaggi rurali nelle aree di Bcharre e di Arabsalim, a seguito di iniziative realizzate da ONG locali, che hanno incoraggiato le comunità del posto a separare alla fonte i rifiuti, distinguendo la componente asciutta da quella bagnata.

È chiaro, quindi, che si presenta un urgente problema di sensibilizzazione dell'opinione pubblica rispetto a queste alternative, partendo dai livelli domestici, fino ad arrivare ai livelli decisionali più alti. Altrettanto importante è poi il problema della mancanza di consapevolezza delle norme e dei regolamenti da parte del personale che dovrebbe farli rispettare. Anche in seguito alla proposta di un Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti Solidi, diversi workshop sono stati organizzati dal Ministero dell'Ambiente e da diverse ONG per promuovere la consapevolezza pubblica e la partecipazione delle comunità. Questi tentativi di campagne per l'informazione del pubblico, però, non sono stati sufficientemente efficaci.

In generale, gli scarsi risultati ottenuti possono essere attribuiti a quanto segue (SWEEP-Net, 2010):

- i livelli di fiducia della popolazione libanese sui servizi di gestione dei rifiuti solidi sono bassi;
- la popolazione non percepisce l'effettivo esito positivo della propria partecipazione. Non è stata individuata nessuna correlazione (tecnica, ambientale, finanziaria, ecc.) tra le campagne di partecipazione della popolazione e benefici all'attuazione del sistema di gestione dei rifiuti;
- non è stato identificato nessun beneficio diretto per la popolazione;
- si percepisce la mancanza di adozione, fino ad oggi, di un'unica Strategia per la Gestione dei Rifiuti Solidi;
- si riscontra la mancanza di competenze tecniche e di risorse umane per gestire questo problema, in particolare a livello locale.

Le future campagne di sensibilizzazione dovrebbero:

- essere accompagnate dall'approvazione di un quadro di Gestione Integrata dei Rifiuti (che coinvolga aspetti politici, giuridici, istituzionali, e che preveda un piano d'azione approvato col consenso delle diverse parti);
- concentrarsi sugli impatti negativi dei sistemi di gestione attuali di alcune regioni (impatti negativi di discariche aperte e non controllate, pericoli per la salute umana e per l'ambiente, ecc.);
- concentrarsi sulla sostenibilità degli obiettivi dei nuovi Progetti di Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi;
- incoraggiare i media a focalizzare l'attenzione sulla questione;
- condividere tutte le strategie e i piani sviluppati con il pubblico e le comunità per creare una rete di fiducia tra questi e il Governo;
- sviluppare una strategia di comunicazione e/o programmi di comunicazione tramite i media o la stampa.

#### ***4.2.4 Costruzione delle competenze e formazione***

Anche se molti workshop sono stati organizzati dal Ministero dell'Ambiente e da altre istituzioni internazionali per migliorare le competenze e le capacità del personale pubblico, sia a livello nazionale che locale, ancora oggi c'è forte ignoranza circa i sistemi di gestione, le tecnologie, le modalità di finanziamento, di esecuzione e di controllo adottate nell'ambito della gestione dei rifiuti. Inoltre, in questo settore è richiesta una vasta gamma di **competenze gestionali** e questo favorisce ancor più, ad oggi, l'assegnazione dei contratti di gestione ai privati. Altrettanto importante è poi garantire un rafforzamento delle **capacità decisionali in materia**.

Per quanto riguarda le **competenze di natura politica, legale ed istituzionale**, è necessario conoscere il quadro giuridico in tema di gestione dei rifiuti solidi a livello nazionale e comunale. Diversi altri aspetti della gestione dei rifiuti sono necessariamente trattati all'interno del quadro giuridico, dal momento che si affrontano anche questioni come le modalità di finanziamento e di recupero dei costi, le modalità di partecipazione del settore privato, la consapevolezza dell'opinione pubblica e la sua partecipazione.

Presso le istituzioni pubbliche, sia a livello nazionale che comunale, è anche possibile constatare una carenza di personale tecnico adeguatamente addestrato. Un esempio significativo è, infatti, quello del Ministero dell'Ambiente, che è responsabile delle attività di monitoraggio di tutte le strutture per la gestione dei rifiuti. Tuttavia, il Ministero attualmente non ha sufficiente personale adeguato a svolgere questo ruolo e non ha, dunque, la possibilità di effettuare un controllo efficace (SWEEP-Net, 2010). Da tempo è stato deciso di aumentare il personale disponibile, ma ciò non è accaduto. Recentemente, tuttavia, sono state pubblicate sul sito del Ministero una vasta gamma di richieste per posizioni libere. Anche se questo processo può richiedere ancora del tempo, a causa delle lunghe procedure amministrative, esso rappresenta comunque un positivo passo in avanti verso il raggiungimento degli obiettivi desiderati di disponibilità del personale. È di fondamentale importanza, infatti, che il

Ministero dell'Ambiente libanese ottenga le risorse di personale necessarie per effettuare un'efficace supervisione della gestione dei rifiuti sul territorio.

Ad oggi, sono le Municipalità o le Unioni delle Municipalità (sotto la supervisione del MoIM) ad esercitare un controllo ambientale e sociale più serrato sui sistemi di gestione dei RSU. Le Municipalità, se pur non “formalmente” investite di questo ruolo, sono le autorità pubbliche più presenti, che collaborano e cooperano con il settore privato coinvolto nella gestione e sono responsabili dell'erogazione del servizio.

#### **4.2.5 Strumenti d'intervento sociale per il futuro**

Da quanto detto fin'ora, sono tre le principali sfide da affrontare per migliorare la compatibilità sociale di un Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti Solidi in Libano:

- Formazione del personale pubblico
- Informazione e consapevolezza pubblica
- Partecipazione pubblica

Sarebbe importante, dunque, realizzare un programma che tocchi tutti e tre questi aspetti e che parte di questo programma venga portato avanti anche dal settore privato coinvolto. In particolare, nel caso del Waste Compound, le società alle quali sarà assegnata la gestione dovranno rendersi parte attiva di questo processo, operando in una logica di lungo periodo. Inoltre, guardando in prospettiva al futuro, ad un miglioramento del sistema integrato di gestione dei RSU di Baalbek, si può ipotizzare, come prossimo step, l'introduzione di un sistema di raccolta differenziata alla fonte. Quest'ultima per essere implementata con buoni livelli di performance richiede massimo impegno e partecipazione da parte di tutta la società civile, di conseguenza, iniziare fin da subito un programma di sensibilizzazione, orientato a motivare questo impegno, risulta fondamentale. Un programma ben strutturato orientato al coinvolgimento e alla partecipazione pubblica potrebbe prevedere:

- La realizzazione d'iniziative di sensibilizzazione su temi quali la sostenibilità ambientale e la corretta gestione dei rifiuti per gli abitanti della regione.
- L'organizzazione di attività di sensibilizzazione per promuovere la partecipazione ai programmi di gestione integrata dei rifiuti e per introdurre alla raccolta differenziata diversi gruppi di utenti. Potrebbero essere organizzate delle assemblee pubbliche per presentare i diversi progetti nel settore alla comunità e raccogliere suggerimenti e indicazioni su di essi.
- L'organizzazione di iniziative analoghe in alcune scuole della città. Tali attività andrebbero ripetute con una certa frequenza anche a progetto avviato.
- L'organizzazione di visite guidate presso i diversi impianti del Waste Compound per gruppi di studenti ed altri utenti.
- L'organizzazione di visite a domicilio da parte di volontari formati per sensibilizzare gli abitanti verso la raccolta differenziata e per verificare la loro partecipazione e soddisfazione relativa alle pratiche di gestione integrata dei RSU anche attraverso la compilazione di un questionario rivolto a un campione di abitanti.

- La produzione di materiale informativo su riciclaggio e compostaggio: potrebbero essere realizzati manifesti, opuscoli, volantini e video per informare sulle attività previste dal progetto e promuovere la partecipazione attiva degli utenti.
- La formazione di un limitato numero di volontari per le campagne informative porta-porta, per i quali organizzare un corso di formazione di un giorno sulla gestione dei rifiuti, la raccolta differenziata e le tecniche di motivazione.

In letteratura diversi strumenti convalidati sono proposti per monitorare e favorire i processi di cambiamento sociale; in questo lavoro si ipotizza il ricorso ad uno di questi strumenti, giudicato tra i più completi. È evidente che gli strumenti e le metodologie, a cui è possibile ricorrere per affrontare le tre sfide di cambiamento sociale sopra citate, sono molteplici, e che l'Outcome Mapping rappresenta solo una delle possibili ipotesi.

L'obiettivo dell'Outcome Mapping è di mantenere nel tempo un dialogo aperto e libero tra le diverse parti coinvolte nel progetto di gestione e monitorare gli aspetti d'informazione e consapevolezza pubblica, oltre che di partecipazione. Tale strumento è diviso in fasi e le fasi sono ben strutturate nell'esecuzione e negli output, inoltre vi sono molte fonti di letteratura a riguardo. In questo lavoro se ne fa solo un breve accenno, col fine di indicarne, nel caso di Baalbek, principalmente gli obiettivi, come questi si esplicano attraverso le modalità di svolgimento, come si struttura una sessione e quale potrebbe essere il costo ad essa associata.

## **4.2.6 L'Outcome Mapping**

### **4.2.6.1 Linee guida e contesti di adozione**

L'Outcome mapping (OM) è un approccio alla pianificazione, monitoraggio e valutazione delle iniziative di cambiamento sociale, sviluppato dal Centro Internazionale di Ricerca dello Sviluppo (IDRC) del Canada nel 2001.

A livello pratico, l'OM è un insieme di strumenti e linee guida che orientano i progetti e i programmi che coinvolgono molti attori attraverso un processo iterativo e interattivo che consente di identificare il cambiamento che essi desiderano e che favorisce la collaborazione alla realizzazione di tale cambiamento. I risultati sono misurati in termini di cambiamento nei comportamenti, nelle azioni e nelle relazioni di questi individui, gruppi o organizzazioni coinvolti direttamente nel progetto o che il progetto sta cercando di influenzare. Quattro principi guida sono alla base dei risultati dell'OM:

1) Focalizzazione sugli attori coinvolti, sul loro sviluppo e cambiamento di comportamento: l'OM riconosce che le persone e le organizzazioni guidano i processi di cambiamento, di conseguenza i problemi da affrontare, gli obiettivi del progetto e gli indicatori di successo sono definibili in termini di cambiamento di comportamento di questi attori. Per capire e influenzare il cambiamento è necessario entrare in sintonia con questi attori, comprendere il loro ruolo, le loro relazioni, la loro mentalità e motivazione. Questo è fondamentale, in quanto essi hanno generalmente diverse visioni e percezioni del cambiamento.

2) **Apprendimento continuo e flessibilità:** l'OM sottolinea che le attività di pianificazione, monitoraggio e valutazione più efficaci sono attività cicliche, interattive e riflessive. Esse mirano a promuovere la conoscenza degli attori, delle caratteristiche del contesto e delle sfide coinvolte nel cambiamento sociale. L'OM permette, inoltre, adattamenti del progetto in funzione della sua evoluzione.

3) **Partecipazione e responsabilità:** coinvolgendo le parti interessate e i partner nel processo e incitando alla riflessione sulle relazioni e responsabilità tra di essi, l'OM favorisce un senso di responsabilità bidirezionale che spesso manca in contesti orientati ad un controllo e ad una responsabilità gerarchica.

4) **Non linearità, non attribuzione e controllo:** con l'OM, i processi di trasformazione e cambiamento sono di proprietà collettiva, non sono il risultato di una catena di eventi causali che inizia con gli «input» del progetto e viene controllata da chi ha fornito tali input. I processi di cambiamento sono una complessa rete d'interazioni tra diversi attori, forze e tendenze. Per produrre cambiamenti sostenibili, i progetti devono contribuire e influenzare questi processi di cambiamento sociale, piuttosto che concentrarsi sul controllo dei risultati specifici e sull'attribuzione di responsabilità. Un approccio più onesto è in grado di generare un quadro più significativo del contributo effettivo di ogni ruolo al raggiungimento dei risultati di un progetto/programma.

I contesti in cui i punti di forza di un'OM vengono in particolar modo alla luce si ripropongono nel processo di cambiamento sociale richiesto per l'adozione di un Sistema efficace di Gestione Integrata dei Rifiuti Solidi in Libano. Essi sono descritti di seguito:

- Quando si lavora in partnership: l'OM è uno strumento adatto a garantire che i progetti e i programmi con partner e istituzioni locali, piuttosto che con strutture parallele, funzionino. L'OM favorisce un maggiore coinvolgimento e impegno da parte di tutti gli attori, consentendo un cambiamento più sostenibile andando a unificarne le visioni e coordinandone il lavoro. Nel caso di un Programma di Gestione Integrata dei RSU è evidente che sono coinvolti numerosi attori, inclusa la società civile e le istituzioni pubbliche, sia a livello nazionale che comunale.
- Quando si costruiscono le capacità: l'OM è ideale per i progetti in cui il rafforzamento delle capacità è (o dovrebbe essere) un aspetto importante. Presentando l'obiettivo generale del progetto/programma come una sequenza progressiva di modifiche di comportamento degli attori coinvolti, è possibile monitorare i progressi verso l'obiettivo e capire come essi avvengono. Un Programma di Gestione Integrata dei RSU in Libano, per quanto detto sopra, prevede certamente un forte impegno, da parte in primis della popolazione ma anche delle istituzioni e organizzazioni coinvolte, nel migliorare le pratiche di gestione e i comportamenti ormai consolidati.
- Quando risulta fondamentale una comprensione profonda dei fattori sociali: l'OM è particolarmente utile lì dove il focus è centrato sullo sviluppo degli esseri umani e degli attori coinvolti, piuttosto che sui fattori tecnici e scientifici. Questo aspetto è

vitale nel Programma di Gestione Integrata dei RSU del Libano, dove si cerca di ottenere un cambiamento di atteggiamento e di comportamento e un maggiore spirito di partecipazione e coinvolgimento e dove, facilmente si può comprendere, come sia fondamentale dare peso alle peculiarità ed alle esigenze del contesto sociale.

- Quando si vuole promuovere la conoscenza: l'OM è stata progettata inizialmente come uno strumento per aumentare la comprensione sull'influenza che può avere la ricerca e la sua logica si adatta bene anche a monitorare i cambiamenti a livello di conoscenze e di idee. Quindi anche le conoscenze sulle tecniche e le pratiche di gestione dei rifiuti, oltre che sui quadri di riferimenti amministrativo e legale, degli attori coinvolti nel processo, possono essere monitorate attraverso l'OM, qualora venisse utilizzato come strumento per la gestione degli aspetti sociali di un Programma di Gestione Integrata dei RSU.

#### *4.2.6.2 Attori coinvolti*

Un'Outcome Mapping deve coinvolgere tutti gli attori che sono influenzati o interessati dal progetto. L'obiettivo infatti, come più volte detto, è quello di mantenere un dibattito aperto e continuo tra i diversi attori, in cui anche lo scontro tra punti di vista e interessi diversi sia funzionale al successo del progetto. La logica che prevale è quella secondo la quale la massima efficacia del progetto si ottiene solo se tutte le parti hanno ben chiaro il proprio ruolo e quello degli altri partner e se c'è condivisione sugli obiettivi che si vogliono raggiungere.

Nel caso del Programma di Gestione Integrata dei RSU di Baalbek, gli attori che andrebbero coinvolti appartengono, dunque, a tre macro sfere: Settore Pubblico, Settore Privato e Società Civile. Alla prima categoria appartengono tutte le istituzioni e autorità coinvolte: Ministero dell'Ambiente, Ministero degli Interni e delle Municipalità, le Municipalità e le Unioni delle Municipalità. Nel settore privato rientrano invece i rappresentanti delle società coinvolte nella gestione del Waste Compound, o più in generale nei sistemi di gestione dei RSU. Ed infine, la società civile è costituita dai rappresentanti di tutte le associazioni, comitati, gruppi di cittadini ed organizzazioni che volontariamente decidono di interessarsi al programma.

Gli autori di questa metodologia consigliano di riunire un numero di persone (rappresentanti dei tre gruppi) compreso tra 15 e 25, tale da rendere possibile un dibattito partecipativo e, allo stesso tempo, dar voce a più punti di vista. Durante le sessioni d'incontro deve sempre essere presente un "facilitatore", ovvero una figura professionale esperta della metodologia che guidi e solleciti il dialogo e che faccia in modo che tutti gli step dell'OM vengano eseguiti in modo corretto e portino ai risultati desiderati.



Figura 4. 1: Attori coinvolti in un Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti

#### 4.2.6.3 Step di esecuzione di una sessione e output

L'Outcome Mapping è divisa in tre fasi. La prima fase, Intentional Design, aiuta a stabilire il generale consenso, da parte di tutti gli attori coinvolti, sul programma di cambiamenti di livello macro che si vuole apportare e aiuta a realizzare e pianificare le strategie che verranno adottate. In questa fase si cerca di rispondere a quattro domande: perché? (qual è la visione alla quale il programma vuole contribuire?); chi? (chi sono i partner del programma o attori coinvolti?); cosa? (quali sono i cambiamenti che si stanno cercando?); come? (come contribuirà il programma al processo di cambiamento?). La seconda fase, Outcome & Performance Monitoring, offre un quadro di riferimento per il monitoraggio continuo delle azioni dei partner e del programma, col fine di verificare i passi che sono stati svolti verso il conseguimento dei risultati desiderati. Questa fase si basa in gran parte su una sistematica autovalutazione. Essa fornisce i seguenti strumenti di raccolta dati relativi agli elementi individuati nella fase di Intentional Design: un "Outcome Journal" (con la mappatura dei progressi fatti), un "Strategy Journal" (che presenta le mappe strategiche elaborate), ed un "Performance Journal" (con le pratiche organizzative individuate per implementare le strategie scelte). La terza fase, Evaluation Planning, aiuta ad identificare le priorità per la valutazione del programma e a svilupparne un piano di valutazione. In Figura 4.3 sono rappresentate le tre fasi dell'Outcome Mapping.

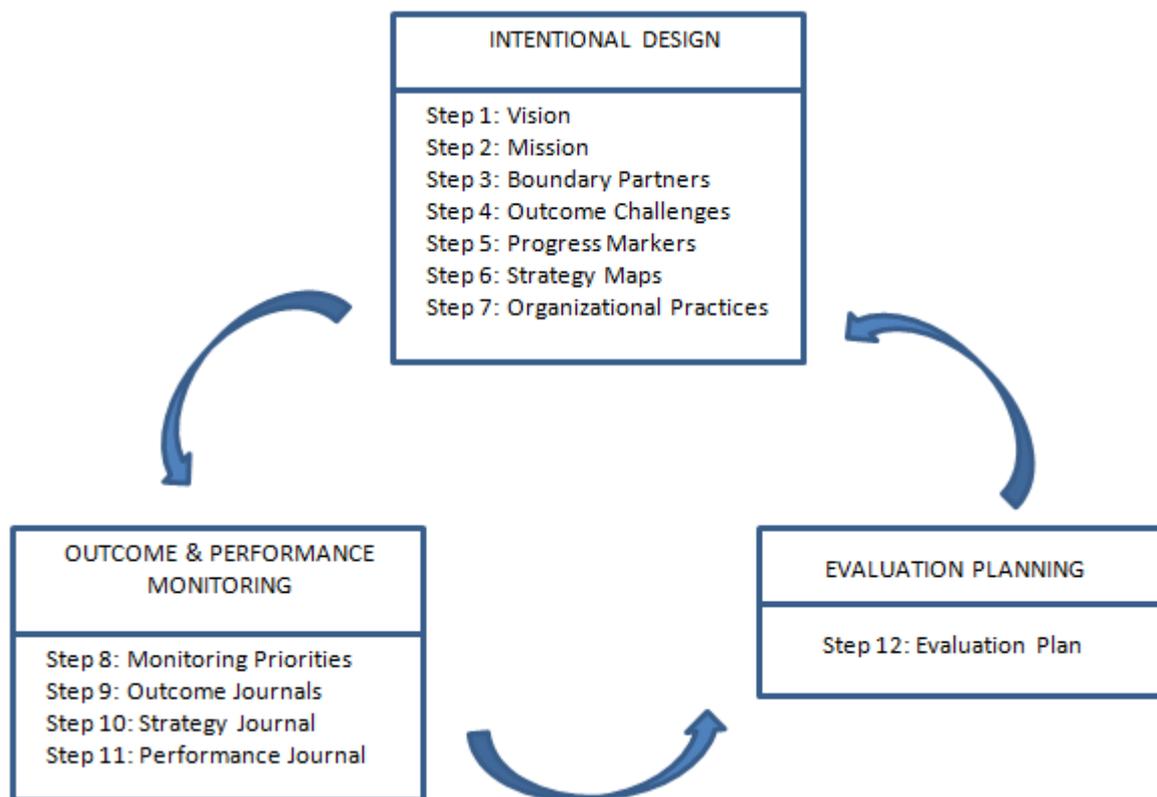


Figura 4. 2: Le tre fasi dell'Outcome Mapping (Jones & Hearn, 2009)

Ogni fase è, a sua volta, costituita da più step, formalmente strutturati, con precisi obiettivi e modalità d'esecuzione, per ognuno dei quali gli autori associano una durata temporale ben precisa che dipende dal numero di soggetti coinvolti nel programma.

#### 4.2.6.4 Stima dei costi per una sessione

Si è ipotizzato che, nel caso di Baalbek, una sessione completa di OM venga svolta ogni 6 mesi. Ogni sessione prevede 20 ore di attività, distribuibili in 4 giornate da 5 ore di lavoro ciascuna, a cui va sommata una pausa caffè di 20 minuti. Si suppone che l'incontro avvenga nelle stanze adibite alle conferenze degli uffici del Waste Compound, senza un'ulteriore spesa legata all'affitto di un locale. La partecipazione alle diverse sessioni si presuppone avvenga spontaneamente per i rappresentanti del settore pubblico, del settore privato e della società civile, dunque, il solo costo del lavoro da includere è quello relativo alle ore di lavoro del facilitatore. Il costo complessivo di una seduta di Outcome Mapping si può supporre di 1000 euro, da spendere ogni 6 mesi per mantenere continuo il monitoraggio sui processi di cambiamento comportamentale e il dialogo tra gli attori. Tale costo può essere pensato come una stima del valore dello sforzo che, in ambito sociale, le società che gestiranno il Waste Compound avranno interesse a sostenere. Tale interesse sarà anche motivato dal vantaggio economico, se si riuscisse ad introdurre un sistema di raccolta differenziata alla fonte, anche solo limitatamente alla distinzione tra frazione organica e frazione secca, che potrebbe

comportare un considerevole aumento dei ricavi derivanti dalla gestione dell'impianto di compostaggio, poiché consentirebbe la produzione di compost di qualità elevata, rivendibile come fertilizzante.

## 5 CONCLUSIONI

### Considerazioni finali e linee guida per la gestione del Waste Compound

Prima di esporre le conclusioni e considerazioni finali sull'intero lavoro svolto, si rende noto che tutte le valutazioni ed analisi che sono state realizzate, e i risultati che ne conseguono, sia di carattere economico che ambientale, sono veritieri nei limiti delle ipotesi considerate. La scarsità di dati primari e le poche informazioni deducibili dai documenti sul progetto a disposizione rappresentano senza dubbio un limite alla rappresentatività del contesto a cui si fa riferimento. I risultati ottenuti sono dunque risultati che verosimilmente si approssimano alla realtà ma che in futuro potrebbero essere di certo migliorati, ricavando molte altre informazioni e dati anche sul campo.

In base alla mera analisi economica la soluzione gestionale unica del Waste Compound appare come la soluzione più conveniente. Il costo di smaltimento di 1 ton di RSU, infatti in tal caso, è pari a 7,8 €/ton, escludendo gli ammortamenti degli impianti, o a 24,2 €/ton, includendo gli ammortamenti, che confrontati con gli 11,1 €/ton (o 26,1 €/ton) della soluzione semi-differenziata e con i 13,2 €/ton (o 29,0 €/ton) della soluzione differenziata, indirizzerebbero la scelta verso tale modalità di gestione.

Le ragioni di natura economica che spingono l'ago della bilancia a favore della soluzione gestionale unica sono:

- la possibilità di assumere complessivamente meno personale nel Waste Compound, mediante un'opportuna schedulazione delle attività ed un incremento del tasso d'impiego;
- la possibilità di acquistare meno macchine, evitando la duplicazione di attrezzature e macchine dello stesso tipo, tipica della gestione differenziata, che comporterebbe un sottoutilizzo delle stesse macchine. Questo è il caso, ad esempio, della torcia elettrica e della pala gommata.
- La mancanza di flussi economici scambiati all'interno del Waste Compound tra società diverse. Ad ogni flusso economico, in tal caso, va infatti associato un certo margine di profitto da garantire alle diverse società. Questa ragionamento, sviluppato nei paragrafi precedenti, comporta, come si può ben prevedere, un aumento complessivo del costo del servizio.

L'analisi finanziaria indicherebbe invece un vantaggio nella scelta di una soluzione differenziata o semi-differenziata, poiché la somma dei flussi monetari in ingresso attualizzati è tendenzialmente maggiore rispetto a quella nell'ipotesi di gestione unica, mentre i tempi di recupero risultano inferiori. Questo risultato va letto considerando che ciò che differisce nelle

due ipotesi di gestione è soprattutto la quota parte dei ricavi derivanti dalla vendita del servizio di gestione dei RSU comunali. Tali ricavi dipendono dal costo unitario del servizio stimato per le diverse modalità di gestione, che risulta maggiore nel caso la gestione dei diversi impianti sia assegnata a società diverse. In tal caso, flussi di cassa maggiori sono dunque determinati da un costo del servizio maggiore che il Comune dovrà pagare e che si riverserà poi sui singoli cittadini, tramite le imposte comunali.

Inoltre, l'analisi finanziaria realizzata sui singoli impianti evidenzia come l'impianto su cui risulti meno conveniente investire sia la Discarica. Il VAN dell'investimento per la realizzazione della Discarica, infatti, appare negativo. Questo risultato potrebbe dipendere dalle ipotesi che sono state fatte sui dati di partenza che, come più volte detto, nel caso della Discarica sono stati per lo più stimati, sulla base delle poche informazioni disponibili. Va però sottolineato che tale risultato si allinea ai casi di insuccesso e cattiva gestione di altri impianti di Discarica rilevati sul territorio libanese, in cui le società gestori hanno riscontrato perdite, a causa degli alti costi operativi e di manutenzione.

Infine, osservando le tabelle coi risultati dell'analisi finanziaria è anche possibile notare una dissonanza tra i due indicatori: a un VAN negativo per l'impianto di Discarica corrisponde un Tempo di recupero inferiore alla durata di vita del progetto. Questa situazione evidenzia uno dei limiti dell'indicatore Tempo di recupero che, come già detto, non tiene conto dell'istante temporale in cui un flusso di cassa si manifesta, ovvero non prevede la sua attualizzazione.

Dai risultati dell'LCA è possibile trarre alcune considerazioni, utili in un futuro a migliorare le performance ambientali del sistema:

1. il primo aspetto su cui concentrare l'attenzione è la necessità di riutilizzare il calore prodotto dall'impianto di cogenerazione, che potrebbe divenire un prodotto evitato. Si consiglia, nel futuro, di costruire una rete di alimentazione dell'acqua calda sanitaria che sfrutti tale calore.
2. È necessario riutilizzare il surplus di energia elettrica che si genera nel sistema e che non viene utilizzato per il trattamento di 21900 ton/anno di RSU all'interno del WC. Infatti la somma dell'energia autoconsumata dall'Impianto di Biogas e di quella ceduta al MBTF e alla Discarica, per la gestione di 3077 ton/anno di rifiuti non selezionati, è inferiore alla quantità di energia prodotta. Tale differenza è ragionevole pensare che venga fornita comunque alla Discarica per lo smaltimento della restante frazione di rifiuti in ingresso, 18136 ton (21213-3077 ton) non provenienti dal MBTF del WC.
3. Il consumo energetico unitario per tonnellata di RSU del TMB di Baalbek risulta superiore al consumo energetico unitario del TMB di Imola, nonostante quest'ultimo incorpori alcuni processi ulteriori. Sarebbe opportuno verificare se tale differenza dipenda da logiche di economie di scala che operano sul processo o dalle differenti tecnologie utilizzate. In tal caso, l'introduzione di tecnologie più innovative e avanzate potrebbe determinare una riduzione dei consumi energetici dell'impianto, con i conseguenti benefici ambientali che ne derivano.

4. Secondo il Metodo IMPACT modificato il processo che produce il danno maggiore è quello che riguarda la raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek (soprattutto a causa dei trasporti), seguito da quello che considera il trattamento dei rifiuti da digestione anaerobica (in particolare a causa dell'allocazione economica del processo multi-output che attribuisce alla funzione di trattamento del rifiuto il 71,76% delle emissioni) e da quello che considera il riciclo delle frazioni della parte secca (in particolare a causa dei trasporti necessari per raggiungere gli impianti di trattamento).
5. Il danno totale viene ridotto dalla porzione di energia elettrica prodotta dalla combustione del biogas e non consumata né dall'impianto di digestione anaerobico, né dal Trattamento Meccanico Biologico, né dalla discarica.
6. La categoria di danno con valore maggiore è il riscaldamento globale, seguita dal danno alla salute umana e dall'esaurimento delle risorse.
7. Se il prodotto evitato fosse energia elettrica da fotovoltaico, il danno del sistema aumenterebbe rispetto al caso in cui l'energia elettrica evitata fosse quella di rete. Infatti il vantaggio si riduce poiché l'energia elettrica di rete, proveniente da un certo mix energetico, è più inquinante di quella ottenuta dal solo fotovoltaico. Da tale risultato emerge l'incongruenza scientifica del criterio di "prodotto evitato". Infatti è un paradosso scientifico sostenere che il danno di un sistema dipenda dal tipo di energia evitata con il prodotto del sistema stesso.
8. Se l'energia termica prodotta dall'impianto di cogenerazione fosse utilizzata dal sistema in modo da poterla considerare anch'essa un prodotto evitato, il danno totale diminuirebbe del 24,98%.
9. Se i prodotti del riciclo fossero considerati come prodotti evitati, il danno ambientale generato dal sistema apparirebbe come un vantaggio ambientale. Questo risultato, secondo il parere degli autori dello studio, non ha nessun valore scientifico. Tale valore lo avrebbe solo se si considerasse un sistema comprendente anche l'uso dei secondari. In questo caso il vantaggio sarebbe reale se la produzione di un secondario comportasse effettivamente l'uso evitato del prodotto primario. Tale condizione per essere soddisfatta richiederebbe un uso del prodotto costante nel tempo.
10. Se si usasse un processo multi-output anziché il criterio di prodotto evitato, per considerare la produzione di energia elettrica e termica nel sistema, il danno totale aumenterebbe dell'80,8%.
11. Il criterio del processo multi-output, anche se fa uso dell'allocazione economica che dipende dalle condizioni di mercato, ha il pregio di considerare tutti i danni ambientali, attribuendone una parte a ciascuno dei coprodotti e il pregio di non richiedere un'estensione dei confini del sistema. Quest'ultima operazione comporterebbe, infatti, la necessità di includere nel sistema studiato anche tutti i processi che fanno uso dei prodotti del sistema stesso.
12. Se si riducesse l'energia elettrica unitaria del TMB il danno totale diminuirebbe del 9,24%.

13. Dall'analisi sui costi del sistema, in base alle ipotesi fatte, ne consegue che: il costo interno (594'240 €) è 1,43 volte superiore al costo esterno calcolato con IMPACT (415'239,3 €) e 0,394 volte inferiore al costo esterno calcolato con EPS (1'509'900 €).
14. Gli indicatori socioeconomici contribuiscono a ridurre l'impatto del sistema poiché considerano i vantaggi o benefici che il sistema introduce nel contesto sociale, in modo incontrovertibile o anche solo in base alla percezione degli utilizzatori.

Partendo, invece, dalle considerazioni svolte di natura legislativa, sociale ed istituzionale, le linee guida che è possibile fornire, in conclusione del lavoro, sono:

1. La necessità in futuro di introdurre una tassa diretta per la gestione dei RSU.
2. L'emissione di un decreto che indichi nel dettaglio le procedure da seguire che riguardano tutti gli appalti nel settore, col fine di garantire trasparenza e competitività nella gestione degli appalti e agevolare così la partecipazione del privato.
3. La necessità di affrontare il problema del ruolo di monitoraggio e controllo che gli organismi pubblici devono assolvere. In particolar modo, l'attenzione si deve focalizzare sul Ministero dell'Ambiente, che formalmente dovrebbe investire questo ruolo, ma che attualmente non dispone di sufficienti risorse umane e di altro genere che rendano efficace tale controllo. Sarà necessario fornire al personale pubblico un know-how adeguato in termini di competenze tecniche, legislative, gestionali e decisionali.
4. Più in generale va rafforzata la presenza in tale settore del ruolo pubblico rispetto al privato, con l'obiettivo di arrivare un giorno a rendere possibile l'ipotesi di assegnazione sia della proprietà che della gestione degli impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti ad enti pubblici, piuttosto che privati.  
Un caso di successo di questo tipo in Libano è rappresentato dalla Discarica di Zahel. Con la Decisione no.62 del 21/05/2007 il Consiglio dei Ministri ha infatti approvato il trasferimento della gestione della discarica di Zahle al Comune di Zahle – Maalaka, incoraggiando gli altri Comuni a fare lo stesso.
5. Inoltre due obiettivi diventano fondamentali se si pensa all'introduzione di un Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti come ad un progetto di cambiamento organizzativo, che per avere successo prevede necessariamente un cambiamento di comportamento e atteggiamento della società civile, cioè del pubblico, rispetto al problema: far cresce il coinvolgimento e la consapevolezza pubblica, far crescere la partecipazione pubblica.
6. Per rivolgersi alla società civile, in questi contesti, si organizzano generalmente delle campagne di sensibilizzazione, orientate alla formazione e alla sensibilizzazione rispetto ai vantaggi economici, ambientali e sociali derivanti da un cambiamento delle abitudini di ognuno. Nel Capitolo 4 si entra nel dettaglio dei mezzi attraverso cui strutturare una campagna e delle linee guida da seguire per renderla il più efficace possibile. Nello stesso capitolo si propone anche il ricorso ad un altro strumento, che viene percepito come potenzialmente più completo per guidare da vicino i processi di cambiamento organizzativo: l'Outcome Mapping.

L'obiettivo dell'Outcome Mapping è di mantenere nel tempo un dialogo aperto e libero tra le diverse parti coinvolte nel progetto di gestione e monitorare gli aspetti d'informazione e consapevolezza pubblica, oltre che di partecipazione. Tale strumento è diviso in fasi e le fasi sono ben strutturate nell'esecuzione e negli output, inoltre vi sono molte fonti di letteratura a riguardo. I risultati sono misurati in termini di cambiamento nei comportamenti, nelle azioni e nelle relazioni degli individui, gruppi o organizzazioni coinvolti direttamente nel progetto o che il progetto sta cercando di influenzare.

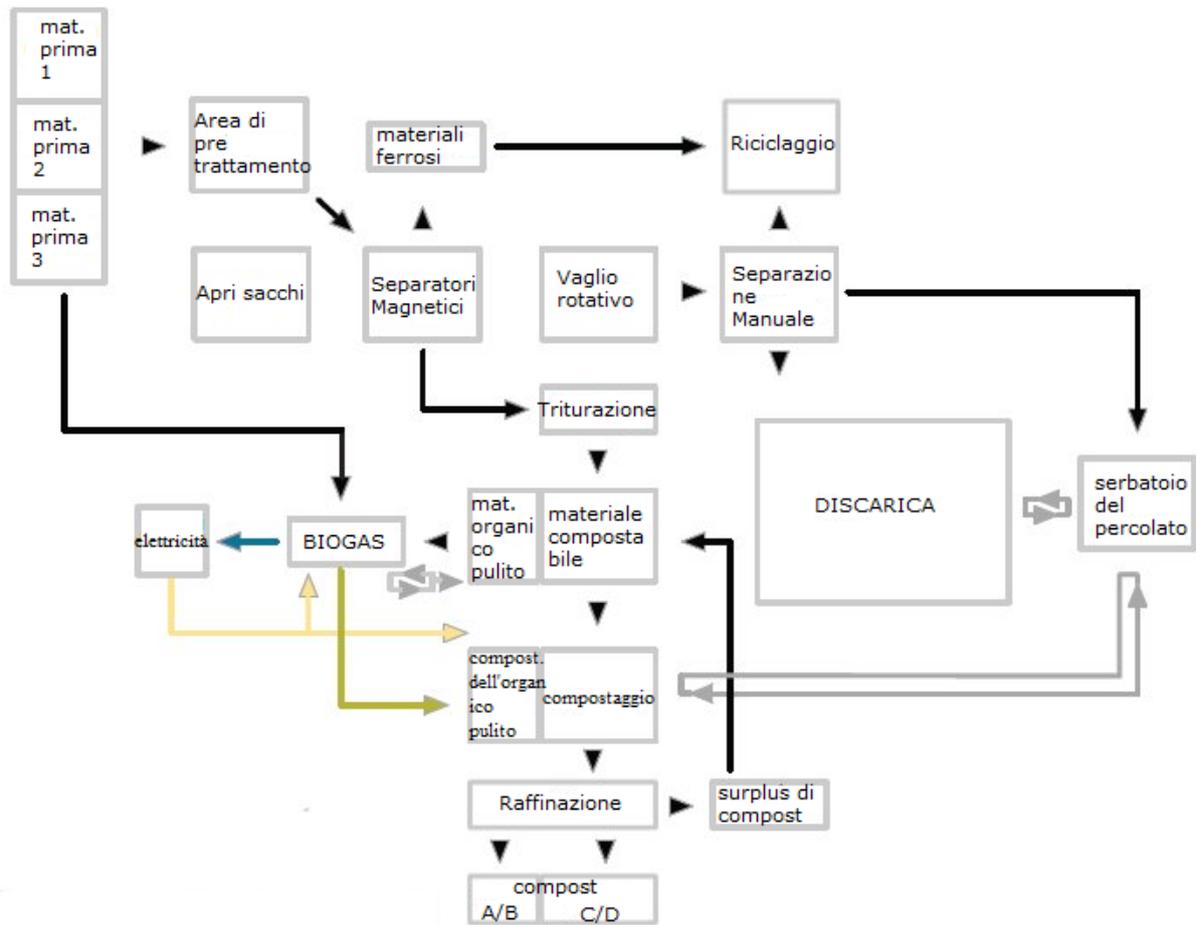
7. In una prospettiva di orientamento al futuro, il passo successivo che è possibile immaginare per migliorare il Sistema di Gestione Integrata dei RSU in Baalbek prevede l'introduzione di un sistema di raccolta differenziata alla fonte, almeno della frazione organica, e l'inserimento nel Waste Compound di una linea di compostaggio dell'organico pulito.

Tale ipotesi di sviluppo futuro prevede lo sforzo di agricoltori e industrie agroalimentari nella zona nel portare avanti una raccolta differenziata dei rifiuti organici e far pervenire tali rifiuti presso il sito. Per motivare questo sforzo sarà necessario, soprattutto in una fase iniziale, sfruttare la leva del vantaggio economico legato all'acquisto di fertilizzante a basso prezzo.

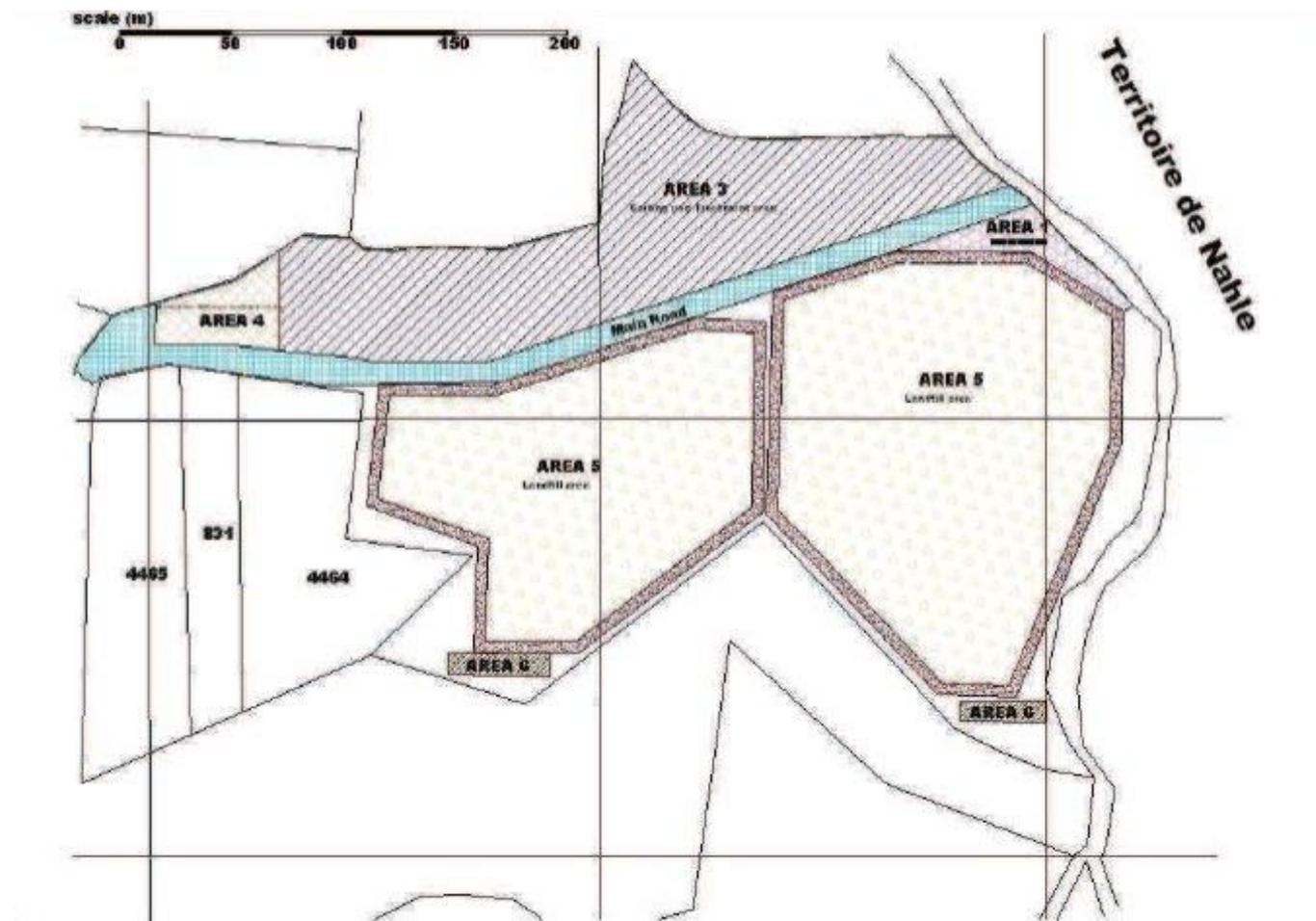
Anche in sede di esposizione dell'ipotesi di progetto agli attori che dovrebbero parteciparvi, sarebbe fondamentale presentare cifre che diano un'idea precisa di tale beneficio economico, soprattutto in una realtà, come quella libanese, dove i concetti di recupero e riciclaggio dei rifiuti sono concetti poco diffusi e interiorizzati nella cultura locale.

Si comprende dunque come, proprio nel caso si portasse avanti tale iniziativa di introduzione di una linea di compostaggio dell'organico pulito nel Waste Compound, diventerebbe ancor più importante sensibilizzare la società civile verso il problema della gestione dei rifiuti. Infatti, il vantaggio economico come spinta motrice all'adozione di nuove pratiche di gestione, seppur forte, non è da solo sufficiente a favorire una partecipazione spontanea e condivisa nel lungo periodo. Sarebbe quindi necessario pianificare delle campagne di sensibilizzazione, non solo orientate a tale iniziativa, ma rivolte, più in generale, ad introdurre una migliore e più sostenibile gestione integrata dei rifiuti, che mostri come un problema può trasformarsi in un'opportunità.

## APPENDICE 1: Schema generale del Waste Compound (WC)



**APPENDICE 2: Mappa che ripropone l'ipotesi di disposizione e di assegnazione delle aree a tutti i componenti del Waste Compound (secondo il MASTER PLAN OF BAALBEK MUNICIPALITY SOLID WASTE TREATMENT AND DISPOSAL FACILITY AREA- Rev 0, 2011)**



Il Waste Compound (WC) è rappresentato come un'area recintata con un solo ingresso controllato. L'entrata è disposta sul lato est. Per arrivare al WC partendo da Baalbek è necessario percorrere l'autostrada Baalbek-Hermel, poi una strada non asfaltata in una piccola valle ed un'altra stradina sterrata che attraversa il confine tra Baalbek e Nahle. Queste due strade potrebbero, nel futuro, essere asfaltate per agevolare il passaggio dei camion e ridurre le emissioni di polveri. Alla sinistra dell'entrata, appena all'inizio della strada principale (in Figura di colore celeste), è collocata l'Area di Ingresso e Controllo (AREA 1), che comprende:

- una pesa-ponte, per pesare i camion in ingresso
- una cabina di sorveglianza
- una cabina di collegamento alla rete elettrica esterna
- spazio extra per altri servizi (es. parcheggio per i visitatori)

L'area occupata da tutti questi servizi è di 1250 m<sup>2</sup>.

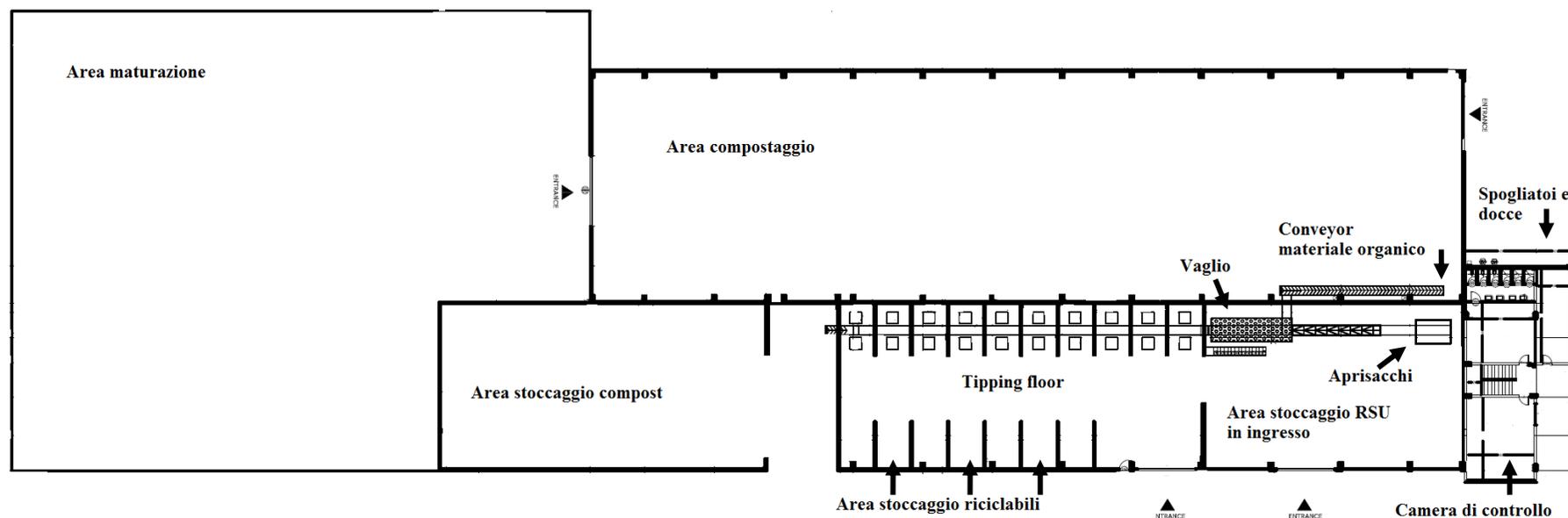
La strada principale percorre tutta l'area fino all'estremo lato ovest, dove vi è una piccola rotatoria, utilizzata per le inversioni ad U dei camion. A nord della strada principale è disposta l'area per la separazione e il trattamento (AREA 3). In quest'area oltre all'Impianto per il Trattamento Meccanico Biologico, si colloca anche l'Impianto per la Produzione di Biogas, in un'area di 17200 m<sup>2</sup>. L'area per la Direzione e le Utilities (AREA 4) è disposta sempre sul lato nord della strada principale, ma più ad ovest rispetto all'area per la separazione e il trattamento. Essa comprende gli edifici che ospitano:

- garage e officina meccanica
- infermeria e area di primo soccorso
- Uffici Centrali (Direzione)
- Uffici e camere riservate al Ministero dell'Ambiente
- il Centro di Addestramento per lo staff e gli operatori

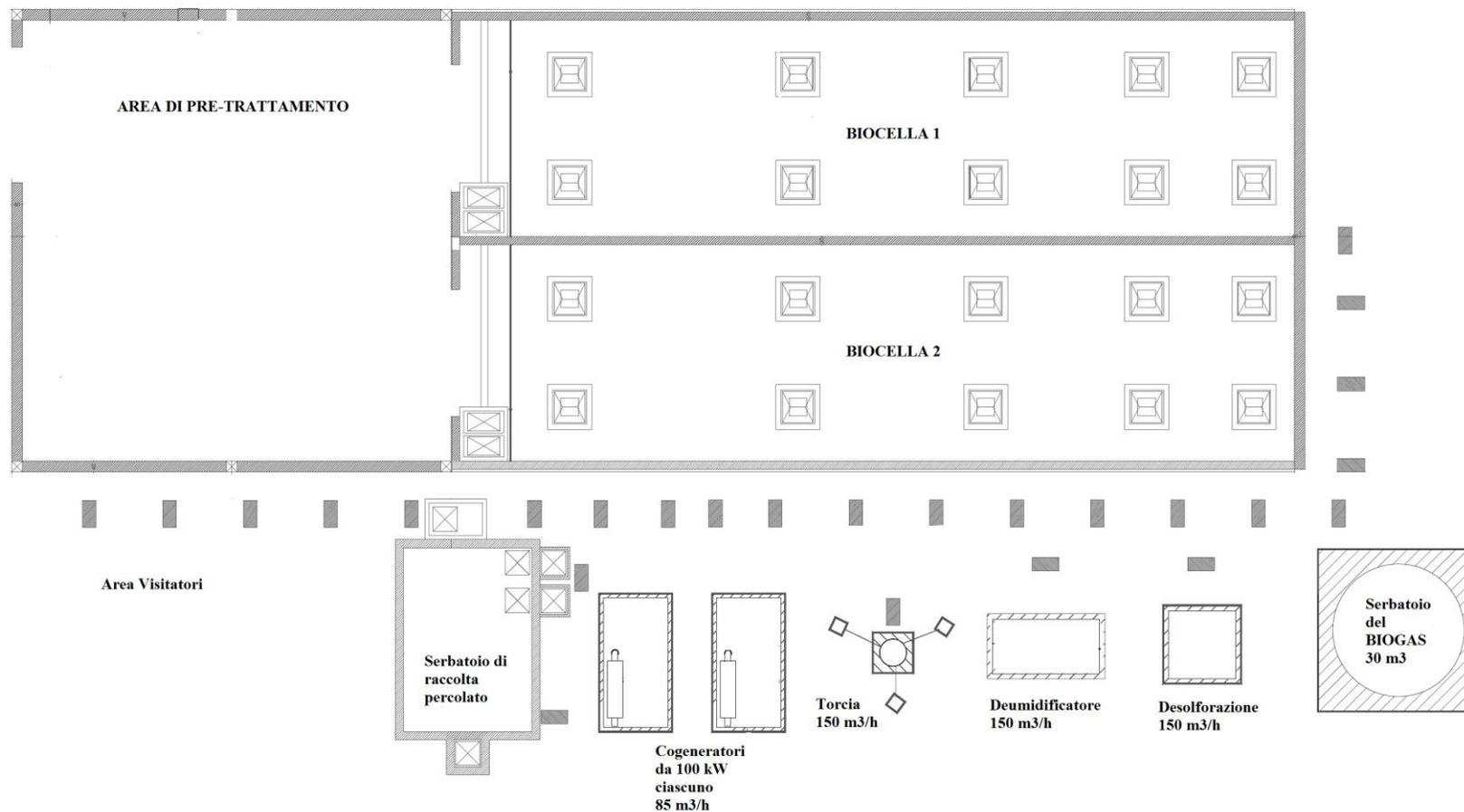
In quest'area sono anche presenti i serbatoi d'acqua, sia per uso industriale sia anti-incendio. Il totale di superficie ad essa riservata è di circa 1600 m<sup>2</sup>.

A sud della strada principale si estende l'area riservata alla Discarica (AREA 5). Le due celle della discarica ricoprono complessivamente un'area di 22'000 m<sup>2</sup>. Strade secondarie, sterrate e strette, consentono il passaggio delle macchine operatrici per la costruzione e manutenzione delle due celle. A sud delle due celle vi è un piccolo spazio dedicato agli stagni o ai serbatoi per la raccolta e lo stoccaggio del percolato (AREA 6), tale superficie è di circa 400 m<sup>2</sup>. La discarica oggi non è ancora stata costruita ed uno studio più recente, datato 2014, per il Piano di Gestione di tutta l'area suggerisce di spostare le celle della discarica sull'altro versante del MBTF.

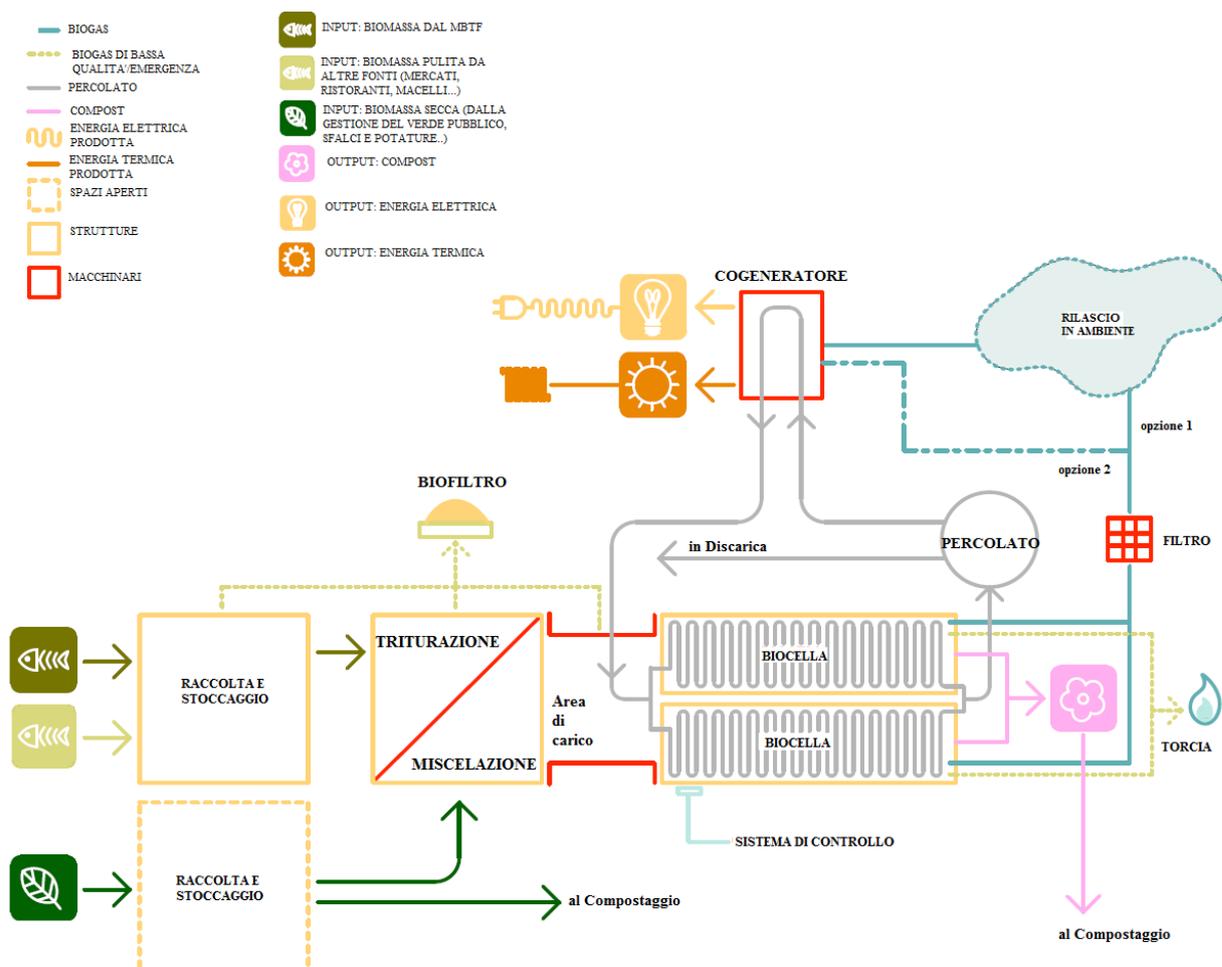
### APPENDICE 3: Rappresentazione CAD del layout dell'impianto di TRATTAMENTO MECCANICO BIOLOGICO del Waste Compound di Baalbek



### APPENDICE 4: Rappresentazione CAD del layout dell’Impianto di PRODUZIONE DEL BIOGAS del Waste Compound di Baalbek



## APPENDICE 5: Schema dei flussi energetici e di materiale in ingresso e in uscita dall’Impianto per la Produzione del Biogas di Baalbek



## APPENDICE 6: PRINCIPALI SOCIETÀ CHE OPERANO DEL MERCATO LIBANESE DEL RICICLO (lista creata dall'OMSAR nel 2011, non esaustiva e soggetta a cambiamenti)

Company	Profile	Location Caza	Telephone	Transportation provided by the Company	Materials
Abou Ahmad El Achhab	Collector	Taadod Riyak (Baalbeck)	03-201324	Possible	Steel, Aluminum, Copper, Lead, Bronze, Zinc
Ahmad Khalifeh	Collector	El Zahrani (Saida)	03-243514 07-222106	Possible	Steel, Aluminum, Copper, Lead, Bronze, Zinc
Alpha Plast Est. Trading	Transformer	Bourj El Barajneh (Beirut)	03-750290	No	HDPE
Aluxal	Transformer	Chouwaifat (Beirut)	05-480406 /7/8/9	Possible	Aluminum
Assia Plast	Transformer	Tyre	01-792651 01-807846 03-745000		PVC
Baza Plast	Transformer	Ain Baal (Tyre)	03-780282	Yes	PET, HDPE, LDPE, PP, PS
Cedar Environmental	Composting	Bickfaya (Metn)	04 981590	No	municipal solid waste
Ets. Babikian & Fils	Transformer	Dekwaneh	01-682592	Yes	HDPE, LDPE, PP
Ets. Carlo pour le Commerce et l'Industrie	Transformer	Baouchrieh (Beirut)	01-497100 01-500293 03-888006	Possible	Aluminum, Copper, Zinc
Garabed Babahekian	Transformer	Borj Hammoud (Beirut)	03-281434	No	Lead
Hanine Trading	Collector	Taadod Riyak (Baalbeck)	03-201324	Possible	Steel, Aluminum, Copper, Lead, Bronze, Zinc
Issam Kassem Ets. for Commerce and Industry	Transformer	Timnin and Niha (Baalbeck)	08-911119	Yes	PET, HDPE, LDPE, PP, PS
Kamaplast	Transformer	Saida (Saida)	07-222200	No	HDPE, LDPE, PP
Kilzi and Co SARL	Transformer	Jdeide-Fanar (Beirut)	01-872133/4/5 03-896669	Yes	PS
Lebanese Metal Industry	Transformer	Beddawi (Tripoli)	01-823675/6/7/8	Possible	Lead
Lebanese Recycling Works	Transformer	Roumieh (Beirut)	01-890383	Depends on Loyalty	PET
Lebanese Recycling Works	Transformer	Roumieh	01-890383	Depends on Fidelity	HDPE, LDPE, Paper, Cardboard
Lefico	Transformer	Taadod El Ryak	08-921222	Possible	PET

		(Baalbeck)			
Mazar Plast	Transformer	Qab Elias (zahle)	03-843929	Possible	HDPE, PP
Ohanis Kasarjian	Transformer	Kfarchima (Metn)	05-462462	No	Steel, Aluminum, Bronze, Zinc
Oreibi	Transformer	Taanayel (Zahle)	08-510194	No	Lead
Pakplast	Transformer	Zahle (Zahle)	09-224605	No	HDPE
Plastic Chem Company PCC	Transformer	El Zahrani	07-223535 03-337788	No	PVC
Publitez Co	Transformer	Chouf	03-607678	Possible	PP, PS, LDPE
Publitez Co.	Transformer	Chouf	03-607678	Possible	HDPE
Rocky Plast	Transformer	Jbeil (Jbeil)	03-634400	No	HDPE, LDPE, PP
Sharmetal	Transformer	Roundabout Shatila (Beirut)	01-823675 /6/7/8	Possible	Steel, Aluminum, Copper, Lead, Bronze, Zinc
Sidem	Transformer	Zouk Mosbeh (Metn)	09-220163 /176	No	Aluminum
SomaPlast	Transformer	Zahle (Zahle)	08-930718	No	HDPE, LDPE, PP
South Plastic	Transformer	Zahrani (Saida)	03-433310	Yes if More than 3 tonnes	HDPE
Ugetal	Transformer	Taanayel (Zahle)	08-512300 /1/2/3	No	Aluminum
Yahya El Hariri Trading	Collector	Saida (Saida)	07-732190	No	Steel, Aluminum, Copper, Lead, Bronze, Zinc, PET, HDPE, PVC, PP, PS
Nafekh Yadawi	Transformer	Sarafand (Saida)	03-906091	No	Glass
Soliver	Transformer	Chwaifat (Beirut)	05-803903	No	Glass
United Glass Products Co.	Transformer	Baddawi-Industrial City (Tripoli)	06-389107 03-230247	No	Glass
Sipco	Transformer	Kfarchima (Metn)	05-431048	No	Paper
Solicar	Transformer	Wadi Shahrour (Metn)	05-940248	Yes But within Beirut	Paper, Cardboard
Unipack/Tissue Mill	Transformer	Halat (Jbeil)	09-477191	No, Through collector	Paper, Cardboard
Mimoza	Transformer	Qaa el Rim (Zahle)	08-803052	No	Paper, Cardboard
Sicomo	Transformer	Qab Elias (Zahle)	08-500550	Yes	Paper, Cardboard
Elie Sawma	Collector	Dekwaneh (Beirut)	01-689105 03-666520	Yes	Paper, Cardboard
Hsain Daher	Collector	Beirut (Beirut)	03-498663	Yes	Paper, Cardboard
Charbel Daou	Transformer	Mazaet Yachouh (Metn)	04-913300	No	Textile
Elie Daou	Transformer	Mtaileb (Metn)	03-620850	No	Textile

## APPENDICE 7: STIMA DEL COSTO OPPORTUNITÀ DEL CAPITALE

<b>Prezzi (in dollari) di fine mese del titolo di borsa Ciment Blancs Nominal</b> (fonte: <i>Beirut Stock Exchange</i> , <a href="http://www.bse.com.lb/">http://www.bse.com.lb/</a> )												
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Agos.	Set.	Ottob.	Nov.	Dic.
2013	3,3	3,3	3	3	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
2012	2,41	2,96	3,1	3,1	3,1	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,3	3,3
2011	0,5	0,5	1	1,15	1,15	1,55	1,55	1,55	1,72	1,72	1,72	2,41
2010	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2009	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	0,5	0,5	0,5
2008	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
2007	1,43	1,43	1,43	1,43	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
2006	1,9	2,05	2,14	2,14	2,14	2,14	2	2	2	2	2	2
2005	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2004	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2003	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	1,5

<b>Tasso di rendimento mensile (in dollari) del titolo di borsa Ciment Blancs Nominal</b>												
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago	Set.	Ottob.	Nov.	Dic.
2013	0%	0%	-9,1%	0%	8,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2012	0%	22,8%	4,7%	0%	0%	-1,6%	0%	0%	0%	0%	8,2%	0%
2011	0%	0%	100%	15%	0%	34,8%	0%	0%	11,0%	0%	0%	40,1%
2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2009	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-73,7%	0%	0%
2008	0%	0%	0%	0%	0%	35,7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2007	-28,5%	0%	0%	0%	-2,1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2006	26,7%	7,9%	4,4%	0%	0%	0%	-6,5%	0%	0%	0%	0%	0%
2005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2004	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2003	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-33,3%
<b>Tasso di rendimento medio mensile</b>					<b>1,2%</b>	<b>Tasso di rendimento medio annuo</b>					<b>16,01%</b>	

<b>Tassi di cambio euro/dollaro alla data di fine mese</b> (fonte: <i>Banca D'Italia</i> , <a href="http://www.bancaditalia.it/">http://www.bancaditalia.it/</a> )												
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Agos.	Set.	Ottob.	Nov.	Dic.
2013	0,7527	0,7487	0,7714	0,7677	0,7703	0,7583	0,7646	0,7514	0,7493	0,7334	0,7411	0,7298
2012	0,775	0,7563	0,7576	0,7589	0,7822	0,7984	0,8139	0,8065	0,778	0,7708	0,7796	0,7623
2011	0,7488	0,7327	0,7144	0,6926	0,6971	0,6951	0,7011	0,6972	0,7265	0,7299	0,7378	0,7589
2010	0,7008	0,7308	0,7371	0,746	0,7963	0,8192	0,7833	0,7758	0,7657	0,7196	0,7324	0,7565
2009	0,7557	0,7822	0,767	0,7582	0,7328	0,7135	0,7099	0,6868	0,675	0,6705	0,6845	0,7008
2008	0,6795	0,6781	0,6442	0,7885	0,6428	0,643	0,6342	0,6681	0,6961	0,7516	0,7855	0,7452
2007	0,7694	0,7649	0,7552	0,7399	0,7401	0,7453	0,7291	0,7341	0,7197	0,7029	0,6811	0,6864
2006	0,8263	0,8377	0,832	0,815	0,7831	0,7906	0,7885	0,7806	0,7857	0,793	0,7764	0,7569
2005	0,7623	0,7684	0,7576	0,7729	0,7879	0,8221	0,8308	0,8135	0,8161	0,8324	0,8486	0,8435
2004	0,7928	0,7908	0,8156	0,8344	0,8329	0,8238	0,8153	0,8213	0,8185	0,8008	0,7698	0,7459
2003	0,9416	0,9282	0,9255	0,922	0,8636	0,8575	0,8794	0,898	0,8915	0,8553	0,8547	0,8141

<b>Prezzi (in euro) di fine mese del titolo di borsa Ciment Blancs Nominal</b>												
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Agos.	Set.	Ottob.	Nov.	Dic.
2013	2,48	2,47	2,31	2,30	2,50	2,46	2,48	2,43	2,43	2,38	2,40	2,36
2012	1,87	2,24	2,35	2,35	2,42	2,44	2,48	2,46	2,37	2,35	2,57	2,52
2011	0,37	0,37	0,71	0,80	0,80	1,08	1,09	1,08	1,25	1,26	1,27	1,83
2010	0,35	0,37	0,37	0,37	0,40	0,41	0,39	0,39	0,38	0,36	0,37	0,38
2009	1,44	1,49	1,46	1,44	1,39	1,36	1,35	1,30	1,28	0,34	0,34	0,35
2008	0,95	0,95	0,90	1,10	0,90	1,22	1,20	1,27	1,32	1,43	1,49	1,42
2007	1,10	1,09	1,08	1,06	1,04	1,04	1,02	1,03	1,01	0,98	0,95	0,96
2006	1,57	1,72	1,78	1,74	1,68	1,69	1,58	1,56	1,57	1,59	1,55	1,51
2005	1,14	1,15	1,14	1,16	1,18	1,23	1,25	1,22	1,22	1,25	1,27	1,27
2004	1,19	1,19	1,22	1,25	1,25	1,24	1,22	1,23	1,23	1,20	1,15	1,12
2003	2,12	2,09	2,08	2,07	1,94	1,93	1,98	2,02	2,01	1,92	1,92	1,22

<b>Tasso di rendimento mensile (in euro) del titolo di borsa Ciment Blancs Nominal</b>												
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago	Set.	Ottob.	Nov.	Dic.
2013	0%	-0,53%	-6,33%	-0,48%	8,37%	-1,56%	0,83%	-1,73%	-0,28%	-2,12%	1,05%	-1,52%
2012	-2,12%	19,86%	4,91%	0,17%	3,07%	0,42%	1,94%	-0,91%	-3,53%	-0,93%	9,43%	-2,22%
2011	1,02%	-2,15%	95,0%	11,49%	0,65%	34,4%	0,86%	-0,56%	15,63%	0,47%	1,08%	44,12%
2010	0%	4,28%	0,86%	1,21%	6,74%	2,88%	-4,38%	-0,96%	-1,30%	-6,02%	1,78%	3,29%
2009	-1,41%	3,51%	-1,94%	-1,15%	-3,35%	-2,63%	-0,50%	-3,25%	-1,72%	-73,86%	2,09%	2,38%
2008	1,01%	-0,21%	-5,00%	22,4%	-18,48%	35,76%	-1,37%	5,35%	4,19%	7,97%	4,51%	-5,13%
2007	27,32%	-0,58%	-1,27%	-2,03%	-2,07%	0,70%	-2,17%	0,69%	-1,96%	-2,33%	-3,10%	0,78%
2006	-24,1%	9,38%	3,68%	-2,04%	-3,91%	0,96%	-6,79%	-1,00%	0,65%	0,93%	-2,09%	-2,51%
2005	-2,20%	0,80%	-1,41%	2,02%	1,94%	4,34%	1,06%	-2,08%	0,32%	2,00%	1,95%	-0,60%
2004	2,62%	-0,25%	3,14%	2,31%	-0,18%	-1,09%	-1,03%	0,74%	-0,34%	-2,16%	-3,87%	-3,10%
2003	0%	-1,42%	-0,29%	-0,38%	-6,33%	-0,71%	2,55%	2,12%	-0,72%	-4,06%	-0,07%	-36,5%
<b>Tasso di rendimento medio mensile</b>				<b>1,15%</b>			<b>Tasso di rendimento medio annuo</b>				<b>14,68%</b>	

## APPENDICE 8: Inventario dell’LCA del Waste Compound di Baalbek

<b>Project:</b>	<b>Waste Compound Baalbek</b>			
<b>Generator:</b>	<b>Bovi-Spinelli-Neri</b>			
<b>Process:</b>	<u><i>Waste Compound Baalbek</i></u>			
<b>Comment:</b>	<p>La gestione dei rifiuti nella città di Baalbek (Libano).  Molti dei processi richiamati dal processo principale sono processi di database o processi relativi ad altri casi studio. Per rappresentare il sovrvallo e il sottovaglio si usano alcuni processi multi-output estratti dal progetto Inceneritore di Bergamo di Scarpellini-Neri. In essi sono state effettuate delle modifiche per adattarli alla realtà del Waste Compound di Baalbek, che si vuole modellare.  In base all’analisi economica svolta è stato possibile introdurre anche alcuni processi che modellano i costi unitari di trattamento, col fine di tener conto nel modello anche di tali informazioni disponibili.</p>			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Waste Compound Baalbek	21900	ton	100%	La gestione dei rifiuti nella città di Baalbek (Libano). Per rappresentare il sopravaglio e il sottovaglio si usano i processi del multi-output <u>CDR (Sovvallo) prodotto dall’impianto "Tre Monti" di Imola</u> , creato nel progetto Inceneritore di Bergamo di Scarpellini-Neri. In tali processi sono state cambiate le Unità Funzionali, sostituendole con il prodotto tra le singole frazioni di Baalbek e il rapporto tra il totale di RSU trattati nell’impianto di Imola e il totale di RSU trattati in Baalbek. In questo modo si approssimano correttamente le dimensioni dell’impianto ma non i valori delle allocazioni.
<b>Avoided products</b>				
Energia elettrica low voltage in Libano	1628000	kWh		Energia elettrica prodotta: 1628000 kWh
Heat, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW/RER U	0	kWh		Energia termica prodotta, ma non utilizzata: 1892000 kWh
<b>Processes</b>				
Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	21900	ton		Area del bacino di Baalbek: 2319,2km <sup>2</sup> Si fanno le seguenti ipotesi: -la raccolta avviene 2 volte alla settimana: 52*2 viaggi -il trasporto per la raccolta avviene con camion il cui carico medio è di 4.1t per l'intero percorso Massa dei rifiuti raccolti nel distretto di Baalbek: 21900t
Ricavo per la raccolta dei rifiuti	21900	ton		Il costo della raccolta nei distretti di Baalbek, Zahel e Hermel.
Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	8169	ton		Il sovrvallo (frazione secca) che risulta dalla separazione dell’indifferenziato nell’impianto di Baalbek. Esso è diretto alla separazione manuale dove viene suddiviso nelle seguenti componenti:

				-componenti da riciclare (eccetto i metalli): 5092t -frazione che viene inviata direttamente in discarica: 3077t
Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	591	ton		I metalli ferrosi che risultano dalla separazione dell'indifferenziato nell'impianto di Baalbek.
Riciclo delle frazioni della parte secca	5683	ton		Trasporto, recupero e trattamento del sovrappeso separato manualmente.
F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	8590	ton		Il risultato della biostabilizzazione del sottovaglio che viene inviato in parte direttamente alla biostabilizzazione (5140t) e in parte all'impianto per la produzione del biogas (8000t). Totale: 13140t. La produzione di biostabilizzato è 8590t.
Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	1628000	kWh		Energia elettrica prodotta da biogas.  I dati forniti dallo Studio di Fattibilità dell'impianto sono: Power produced from biogas: 5,5kWh/m <sup>3</sup> La potenza viene così distribuita: energia termica (43%), elettrica (37%) perdite (20%). Dunque si ottengono le seguenti quantità: energia termica: $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,43 = 1892000\text{kWh}$ energia elettrica: $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,37 = 1628000\text{kWh}$ energia persa: $800000\text{m}^3/\text{a} * 5,5\text{kWh}/\text{m}^3 * 0,2 = 880000\text{kWh}$
Energia termica da cogenerazione di Baalbek	1892000	kWh		Energia termica prodotta da biogas.
Energia persa da cogenerazione di Baalbek	880000	kWh		Energia persa prodotta da biogas.
Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	8000	ton		Massa di sottovaglio in ingresso all'impianto di produzione del biogas: 8000t. Le ore di lavoro dell'impianto sono 8000h/anno. L'energia elettrica usata per la produzione del biogas è: $8000\text{t} * 40\text{kWh}/\text{t} = 320000\text{kWh}/\text{anno}$ Il rendimento utilizzato dal processo in database è uguale al rendimento stimato relativo all'impianto di Baalbek: 100m <sup>3</sup> di biogas/ton di rifiuti
Digested matter (multi-output)	6080	ton		Quantità di digestato prodotto: 4480+1600 (organico digerito + residui non organici, non separabili) Frazione di digestato prodotto: $6080/8000 = 0,76$ . Tale fattore è stato sostituito nel processo multi-output di database.
Costo di investimento TMB	0,066667	p		Il costo di investimento dell'impianto TMB riferito a 15 anni.
Costo di gestione	1	p		Il costo di gestione dell'impianto TMB riferito

TMB				al primo anno di gestione.
Costo di investimento Biogas Facility	0,066667	p		Costo di investimento del Biogas Facility riferito a 15 anni.
Costo di gestione Biogas Facility	1	p		Costo di gestione del Biogas Facility riferito al primo anno di gestione.
Costo di investimento discarica	0,00967	p		Costo di investimento della discarica Allocazione rispetto al tempo: 1/15 Allocazione rispetto alla massa dei rifiuti: $1/21213 \cdot 3077$ dove 3077t è la massa dei rifiuti annui provenienti dal TMB e 21213t è la massa totale dei rifiuti conferiti in discarica in 1 anno.
Costo di gestione discarica	3077	ton		Costo di gestione della discarica riferito al primo anno di gestione.
<b>Waste to treatment</b>				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U (con elettricità di rete del Libano)	3077	ton		Massa di rifiuti totali smaltiti in discarica annualmente: 21213t/a Energia elettrica usata per 3077t di rifiuti: $0.00864 \text{ kWh/kg} \cdot 3077 \text{ kg/a} = 26585,28 \text{ kWh/a}$ Periodo di utilizzo dell'energia elettrica: $2 \cdot 8 \text{ h/g} \cdot 365 \text{ g/a} = 5840 \text{ h/a}$ Consumo di energia oraria: $26585,28 \text{ kWh/a} / 5840 \text{ h/a} = 4,5523 \text{ kWh/h}$
<b>Social issues</b>				
Posti di lavoro	28	p		L'ipotesi migliore in termini di creazione di nuovi posti di lavoro è l'ipotesi di gestione differenziata dai tre impianti. In tal caso verrebbero ad essere creati 28 nuovi posti di lavoro.
Funzione di gestione dei rifiuti	1	p		La funzione del sistema.
Raccolta dei rifiuti	1	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti raccolti: 21900t
Trattamento dei rifiuti	1	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti trattati: 21900t
Produzione di energia dai rifiuti	0,3653	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti che producono energia: 8000t
Riciclo dei rifiuti	0,2595	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti riciclati: 5683t
Abbandono dei rifiuti nell'ambiente	0	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti trattati nell'inceneritore: 0t
Discarica	0,1405	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti trattati in discarica: 3077t
Incenerimento dei rifiuti	0	p		La modalità di gestione dei rifiuti. rifiuti abbandonati nell'ambiente: 0t
<b>Process:</b>	<b><u>Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek</u></b>			

<b>Comment:</b>	Area del bacino di Baalbek: 2319,2km <sup>2</sup> Si fanno le seguenti ipotesi: -la raccolta avviene 2 volte alla settimana: 52*2 viaggi -il trasporto per la raccolta avviene con camion il cui carico medio è di 4,1t per l'intero percorso Massa dei rifiuti raccolti nel distretto di Baalbek: 21900t			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek	21900	ton	100%	
<b>Processes</b>				
Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U	450920	tkm		Capacità del camion: 4,1ton Distanza media tra due cassonetti: 1km Capacità di un cassonetto: 1,5*2*1*0,25/m <sup>3</sup> =0,75t Coefficiente di riempimento: 0,8 Peso del rifiuto contenuto in un singolo cassonetto: 1,5*2*1*0,25*0,8=0,6ton/cassonetto Numero di cassonetti svuotati con un viaggio: 4,1/0,6=6,83=7cassonetti Distanza percorsa per svuotare 7 cassonetti: 7*1km=7km Distanza media per raggiungere l'impianto TMB: - l'area del distretto di Baalbek: 2319,2km <sup>2</sup> - si suppone che l'area si estenda in modo circolare intorno al TMB raggio=(2319,2/3,1416) <sup>0,5</sup> =27,18km - distanza media: 27,18/2 km
IC_cassonetto da 1100l	359,52	p		Numero di cassonetti: 7 cassonetti caricati per viaggio. Numero viaggi: 21900/(52*2)/4,1 Vita media cassonetto:10 anni
<b>Process:</b>	<b><u>Ricavo per la raccolta dei rifiuti</u></b>			
<b>Comment:</b>	Il costo di raccolta nei distretti di Baalbek, Zahel e Hermel.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Ricavo per la raccolta dei rifiuti	1	ton	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	-13	p		Il costo di raccolta nei distretti di Baalbek, Zahel e Hermel rappresenta un ricavo per il sistema studiato poiché viene pagato dal Comune alla società che eroga il servizio.
<b>Process:</b>	<b><u>Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)</u></b>			

<p><b>Comment:</b></p>	<p>Il processo che descrive il TMB di Baalbek è un processo modificato, partendo dal processo che descrive il TMB di Imola (portata nominale 150000 ton/anno), preso dal progetto “Inceneritore di Bergamo” di Scarpellini-Neri. Quest’ultimo processo descrive il trattamento dei rifiuti presso l’impianto di Imola, relativi al 2007. Nello specifico sono stati trattati, in tale anno, 127218,19 tonnellate di RSU attraverso i seguenti processi:</p> <p><b>TRATTAMENTI MECCANICI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Triturazione e deferrizzazione primaria con Tyrannosaurus 6605: metalli ferrosi estratti 416,633 t (il 70% dei metalli ferrosi estratti dal processo)</li> <li>- Vagliatura con Vaglio Terra Select rotante Trommelsirbmaschine T5: da questa fase fuoriesce del Sovvallo (il CDR) di 61121,44 t e del Sottovaglio di 66180,117 t. Qui i processi si dividono: il CDR viene spedito agli impianti di recupero energetico e in discarica, mentre il sottovaglio continua ad essere trattato nell’impianto di Imola.</li> <li>- Deferrizzazione secondaria del Sottovaglio: 178,557 t (circa il 30% dei metalli ferrosi prodotti dal processo)</li> </ul> <p><b>TRATTAMENTI BIOLOGICI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trattamento Biologico di Bio-stabilizzazione del Sottovaglio: F.O.S. 47409,87t; la frazione biologica viene disposta in lunghe andane su una platea di calcestruzzo, recante numerosi fori di aereazione, e viene periodicamente movimentata da una macchina Grizzly® della Doppstadt applicata ad un trattore, con un movimento simile ad una fresatura. La massa biologica è disposta in cumuli di altezza fino a 3 m, areati tramite fori presenti puntualmente nella platea, e periodicamente fresati (in totale 5 volte) per un totale di circa 25 giorni. Nella fase biologica, il rifiuto perde mediamente il 28-30% del suo contenuto ponderale (circa 17830,48t), principalmente sottoforma di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>;</li> <li>- Ulteriore vagliatura del prodotto bio-stabilizzato con un roto-vaglio mobile 50 mm da cui fuoriescono altre 2 tipologie di prodotti: rifiuti speciali di 257,79 t e frazioni estranee di 3,42t.</li> </ul> <p><b>Modifiche apportate al processo che descrive il TMB di Imola per renderlo più conforme alla descrizione della realtà di Baalbek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La frazione secca dell’impianto di Baalbek è 8169t. Le Unità Funzionali dei prodotti del TMB di Baalbek vengono moltiplicati per il rapporto tra il totale dei rifiuti trattati nel TMB di Imola (127218,19t) e quello dei rifiuti trattati a Baalbek (21900t). Si trasforma in questo modo il processo del TMB di Imola, cambiando il rapporto tra le frazioni ottenute e assumendo per esso quello dell’impianto di Baalbek.</li> </ul> <p>Di conseguenza i prodotti del processo saranno:          Frazione secca: 47454 ton          Metalli: 3433.1 ton          F.O.S: 49900 ton</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Viene modificato il consumo elettrico dell’impianto, in modo da renderlo proporzionale al consumo unitario di energia elettrica in Baalbek.</li> </ul> <p>Il consumo di energia elettrica del TMB di Baalbek è di 525600kWh per il trattamento di 21900t. Il consumo unitario vale quindi:  <math>525600\text{kWh}/21900\text{t}=24\text{kWh/t}</math>.</p> <p>Il consumo di energia elettrica di Baalbek riferito a 127218,19t di rifiuto vale:  <math>525600\text{kWh}/21900\text{t}*127218,19\text{t}</math>.</p> <p>Questo valore viene sostituito nel processo e ne rappresenta i consumi energetici.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nel TMB di Baalbek, a monte di tutto l’impianto, è presente soltanto una macchina aprisacchi e un deferrizzatore, invece di una macchina trituratrice che svolge anche la deferrizzazione. Per il deferrizzatore si assume una potenza uguale a quello dello studio di Bergamo per il TM di Mantova, che vale 20 kW.</li> </ul> <p>Le ore di utilizzo dei macchinari sono 5840h/a. La portata dell’aprisacchi è di 6t/h. Si calcola la portata oraria delle due macchine in riferimento al trattamento di 127218,19t, col fine di mantenere lo stesso tempo di utilizzo di Baalbek:  <math>6/21900=x/127218,19</math>; <math>x=34,854\text{t/h}</math></p> <p>Il tempo di uso delle due macchine vale: <math>127218,19\text{t}/34,854\text{t/h}</math></p>
------------------------	--

	<p>Allocazione temporale: <math>p/19520h*127218,19/34,854h/a</math>                  Supponiamo che il peso dell'aprisacchi e del deferrizzatore sia di 11t.                  Allocazione del peso: <math>p/3,5*11</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viene eliminato il processo che rappresenta l'impianto di deferrizzazione secondaria del sottovaglio, poiché nel Waste Compound di Baalbek tale impianto non esiste.</li> <li>- Viene eliminato l'impianto che rappresenta il filtro a maniche, che nel TMB di Baalbek non è presente.</li> <li>- Poiché nell'impianto di Baalbek non è presente un filtro a maniche, le emissioni di particolato solido in aria di Imola devono essere aumentate del 99%, il che equivale a dividere per lo 0,01 l'emissione di Imola: <math>(0,16*24000*2440*0,15)/0,01</math></li> <li>- Per il Waste Compound di Baalbek si suppone che i rifiuti provengano tutti dal bacino di raccolta. Viene dunque annullato il processo che modella il trasferimento, dal bacino di raccolta all'impianto TMB.</li> <li>- Siccome è stato creato un processo nuovo, richiamato dal processo principale, che modella la raccolta nel bacino del Distretto di Baalbek, è necessario azzerare anche il processo IC_Bacino Centro Aato1 Pz2005.</li> </ul>			
Products	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Frazione secca impianto di Baalbek (TMB)	47454	ton	47,083%	Frazione secca di Baalbek: 8169t. Le unità Funzionali dei prodotti del TMB di Baalbek vengono moltiplicati per il rapporto tra il totale dei rifiuti trattati nel TMB di Imola nel 2007 (127218,19t) e quello dei rifiuti trattati a Baalbek (21900t). Si trasforma in questo modo il processo del TMB di Imola cambiando il rapporto tra le frazioni ottenute e assumendo per esso quello dell'impianto di Baalbek. Questa è una approssimazione che tiene conto delle diverse dimensioni dei due impianti ma non del diverso rapporto tra i prodotti. Allocazione di massa frazione secca: $47454/(47454+3433,1+49900)*100$
Metalli ferrosi di Baalbek (TMB)	3433,1	ton	3,4063%	Metalli ferrosi di Baalbek: 591t. Allocazione di massa metalli ferrosi: $3433,1/(47454+3433,1+49900)*100$
F.O.S. prodotto dall'impianto di Baalbek (TMB)	49900	ton	49,51%	FOS (biostabilizzato) di Baalbek: 8590t. Allocazione di massa FOS: $49900/(47454+3433,1+49900)*100$
Resources				
Crude oil, production GB, at long distance transport/RER U	27195	kg		32964 litri Densità del gasolio: 0,825kg/l
Acrylic varnish, 87.5% in H2O, at plant/RER U	3,875	kg		5 litri di Vernice spray; peso specifico: $0,75 \div 0,80$ g/ml (media 0,775 kg/l)
Lubricating oil, at plant/RER U	575100	g		Densità oli lubrificanti: $850 \div 950$ g/l; media 900 g/l; Lubrificante utilizzato nell'impianto: $31+2001+21+2001+21+2001+61= 6131$ Sbloccante utilizzato nell'impianto: $11+11+201+11+11+21=261$
Heavy fuel oil, at	2093300	g		Olio idraulico per impianti e

refinery/RER U				mezzi:200l+20l+2000l+200l= 2420l Densità: 865 Kg/m <sup>3</sup> (g/dm <sup>3</sup> ) 2420l*865g/dm <sup>3</sup> =2,0933E6
Polyurethane, rigid foam, at plant/RER U	2	kg		Schiuma autoespandente per riempire e fissare: 2kg
Tap water, at user/RER U	851	ton		851 m <sup>3</sup> di acqua
R22 (coolant) ETH U	112,5	kg		100l di liquido antigelo; peso specifico:1,120-1,130 kg/dm <sup>3</sup> (media 1,125 kg/l)
Refrigerant R134a, at plant/RER U	22,9	kg		Gas refrigeranti ad effetto serra (R407C): 22,9 Kg
Filtro dell'olio	16,35	p		Filtro dell'olio: 2 dischi di acciaio e una parete cilindrica di carta Stime: H=0,50m; De=0,3m (dischi e corpo filtrante); supponiamo che la parete filtrante sia un cilindro di diametro doppio (0,3m) e di spessore 0,001m; Di=0,15m (dischi); spessore della parete filtrante: 0,03m; spessore dei dischi: 0,002m. Durata di vita: 1220h Peso totale: 0,0025683t Totale materiale filtrante smaltito: 42kg Numero di filtri usati: 42/2,5683=16,35
Fats and oils refining and blending	1033,6	USD2002		50kg di grasso+1l di svitol (densità: 0,66g/ml) Totale: 50+1*0,66=50,66kg Prezzo: 6€ per 397g al cambio di 1,35
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH U	290,23	tkm		Trasporto materiali:100Km ((5*0,775)/1000+((3+200+2+200+2+200+6+1+1+20+1+1+2)*900+(200+20+200+200)*865)/1E6+(2+(100*1,125)+22,9)/1000+16,35*0,0025683+50,66/1000)*100
<b>Electricity/heat</b>				
Utilizzo diesel per trasporto interno (da Tillage, ploughing/CH U)	27195	kg		Gasolio usato per il trasporto interno: 32964 litri densità gasolio: 0,825kg/l
IC_Bacino Centro Aato1 Pz2005	0	tkm		Raccolta indifferenziata dei rifiuti conferiti nell'impianto TMB. Tale processo, che dovrebbe modellare la raccolta dei rifiuti in tutto il Distretto di Baalbek, è rappresentato dal processo <u>Raccolta dei rifiuti nel distretto di Baalbek</u> , richiamato dal processo principale. Per questa ragione qui viene annullato.
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH U	0	tkm		Per il Waste Compound di Baalbek si suppone che i rifiuti provengano tutti dal bacino di raccolta. Viene dunque eliminato il processo che modella il

				trasferimento, dal bacino di raccolta all'impianto TMB.
Energia elettrica low voltage in Libano	3053200	kWh		Consumo di energia elettrica da rete del TMB di Baalbek: 525600kWh per il trattamento di 21900t con un consumo unitario che vale: $525600\text{kWh}/21900\text{t}=24\text{kWh/t}$ . Il consumo di energia elettrica di Baalbek riferito a 127218,19t di rifiuto vale: $525600\text{kWh}/21900\text{t}\cdot 127218,19\text{t}=3053236,56$ Consumo totale: 3053236,56 kWh
Trattamento del fluido refrigerante R134a (en. elettrica da fotovoltaico)	22,9	kg		Trattamento del liquido refrigerante R407C.
Impianto	0,58768	p		Nell'impianto di Imola a monte di tutto l'impianto vi è una macchina per la triturazione e deferrizzazione, Tyrannosaurus 6605: Potenza: 320 KW Il processo richiamato pesa: 3,5t Peso impianto Imola: 13t Portata: 50-90 t/h (media 70 t/h) Allocazione sul peso: $p/3,5\cdot 13$ Tempo di uso: 127218,19/70 Allocazione temporale: $p/19520\text{h}\cdot 127218,19/70\text{h/a}$  A monte del TMB di Baalbek è presente invece soltanto una macchina aprisacchi e un deferrizzatore: assumiamo una potenza uguale a quella usata nello studio di Bergamo per il TM di Mantova che vale 20 kW. Le ore di utilizzo sono 5840h/a. La portata dell'aprisacchi è di 6t/h. Calcoliamo la portata oraria delle due macchine in riferimento al trattamento di 127218,19t: $6/21900=x/127218,19$ ; $x=34,854\text{t/h}$ . Il tempo di uso delle due macchine vale: $127218,19\text{t}/34,854\text{t/h}$ Allocazione temporale: $p/19520\text{h}\cdot 127218,19/34,854\text{h/a}$ Supponiamo che il peso dell'aprisacchi e del deferrizzatore sia di 11t. Allocazione del peso: $p/3,5\cdot 11$
Impianto	0,68053	p		Impianti di Vagliatura, Vaglio Terra Select rotante Trommelsirbmaschine T7. Potenza: 90 KW. Il processo richiamato pesa 3,5t. Peso: 22 t; Portata: 60 t/h. Vita utile: 8 anni. Ore di impiego: $2440\text{h/a}\cdot 8\text{anni}=19520\text{h}$ . Allocazione sul peso: $p/3,5\cdot 22$

				Tempo di uso: (127218,19-416,633)/60 Allocazione temporale: $p/19520h*(127218,19-416,633)/60$
Impianto	0	p		Viene eliminato il processo che rappresenta l'impianto di deferrizzazione secondaria del sottovaglio, poiché nel Waste Compound di Baalbek tale impianto non esiste.
Impianto	0,64404	p		Impianto di Bio-stabilizzazione + macchina Grizzly® Doppstad Potenza: 150 kW Il processo richiamato pesa 3,5t Peso: 20t Portata: 30t/h Vita utile: ore e di impiego: $2440h/a*8anni= 19520h$
Impianto	0,18332	p		Impianto di Roto-Vaglio DOPPSTADT SM 518: Potenza:50 KW Il processo richiamato pesa 3,5t Peso:13t Densità dei rifiuti: 0,8t/m <sup>3</sup> Capacità: 40m <sup>3</sup> /h=40/0,8t/h=50t/h Portata:fino a 80m <sup>3</sup> /h(media 40m <sup>3</sup> /t) Vita utile: ore e di impiego: $2440h/a*8anni= 19520h$ Allocazione sul peso: $p/3,5*13$ Rifiuti trattati: 48171,08t Tempo di uso: 48171,08/50 Allocazione temporale: $p/19520h*48171,08/50$
Impianto d'aerazione				
Elettroventilatore (5kW)	32,85	p		Nel TMB di Bergamo gli elettroventilatori sono: 6 che funzionano per 24h su 24h (8766h) e 20 che funzionano al 70%. Si assume che nell'impianto di Imola vi sia lo stesso numero di ventilatori rapportato alla quantità di rifiuti trattato: a Bergamo 50134t, a Imola 127218,19t numero di ventilatori a Imola: $127218,19/50134*26=66$ di questi 6/26 lavorano 24h e 20/26 lavorano al 70%: $6/26*66$ ventilatori 24/24h: 15 Peso singolo ventilatore: 0,05t Il processo richiamato pesa 0,01t Peso totale dei 6 ventilatori: $0,05t*15$ Potenza singolo ventilatore: 11kW Potenza totale 6 ventilatori:66 kW Ore di funzionamento annue: $24h/gg*365gg: 8760h/a$ Durata di vita prevista: 20000h Allocazione sul peso:

				$p/0,01*15*0,05$ Allocazione temporale: $p/20000*8760$
Elettroventilatore (5kW)	78,183	p		$66-15=51$ Ventilatori con inverter al 70%. Peso singolo ventilatore: 0,05t Il processo richiamato pesa:0,01t Peso totale 20 ventilatori: 0,05t*51 Potenza singolo ventilatore:11kW Potenza totale:220 kW Ore di funzionamento annue:70% di 8760h/a:6132h/a Durata di vita prevista: 20000h Allocazione sul peso: $p/0,01*51*0,05$ Allocazione temporale: $p/20000*6132$
Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	14798	tkm		Trasporto impianti: 100km Ptrit (Peso allocato impianto di triturazione e deferrizzazione): $1/3,5*13*1/19520*127218,19/70*13$ Pvagl (Peso allocato impianto di vagliatura): $1/3,5*22*1/19520*(127218,19-416,633)/25*22$ Pdefer (Peso allocato impianto di deferrizzazione): $1/3,5*11*1/19520*66180,117/13*11$ Pbiost (Peso allocato impianto di biostabilizzazione): $1/3,5*20*1/19520*(66180,117-178,557)/30*20$ Protovagl (Peso allocato impianto di roto-vagliatura): $1/3,5*13*1/19520*48171,08/50*13$ Pvent15 (Peso allocato sui ventilatori 100%): $1/0,01*15*0,05*1/20000*8760*0,05*15$  Pvent51 (Peso allocato sui ventilatori 70%): $1/0,01*51*0,05/20000*0,7*8760*0,05*15$
Impianto di aspirazione senza elettroventilatore (Q=24000Nm <sup>3</sup> /h)  (inceneritore BG con parametri)	0,030596	p		IMPIANTO DI ASPIRAZIONE Portata: 24000m <sup>3</sup> /h il TMB lavora 24440h/a. L'impianto costituito dalla cappa, dalla tubazione e dal camino pesa: $42,401+225,78+27,568 = 295,75$ kg Tempo di vita dell'impianto di aspirazione: $8h/g*5g/s*46s/a=1840h/a*20a=36800h$ Portata: 3 m <sup>3</sup> /sec Prevalenza: 76,38 kg/m <sup>2</sup> Rendimento: 0,6 Potenza: $(76,38*3)/(102*0,6) = 3,3697$ kWh Allocazione rispetto al tempo:

				p/36800*2440 Allocazione sulla portata: p/10800*24000
Filtro a maniche con parametri (24000Nm3/h inceneritore BG)	0	p		Viene eliminato l'impianto che rappresenta il filtro a maniche che nel TMB di Baalbek non è presente.
Biofiltro (Q=24000Nm3/h) BG	0,244	p		Filtrazione composti acidi e componenti odorigene: 2 biofiltri. tempo di uso: 2440 h durata di vita: 20000h Peso totale: $185 * Af * hf * 40 + 0,15 * (9,615 - 1) * 185 * Af * hf * 40 + (7,8 * (2 * 3,1416 * (Df / 2) ^ 2 + 2 * 3,1416 * Df / 2 * hcf) * scf) * 1000 = 3814,68 \text{kg}$
Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH U	4192800	kgkm		Trasporto impianto di aspirazione: 100km: $(587,096 * 79750 / 2440 + 1,7876E5 / 20000 * 2440 + 2 / 20000 * 2440 * 3814,68) * 100$
Edificio del TMB di Baalbek	0,025	p		Edificio impianto di Baalbek Tempo di vita: 40 anni
<b>Emissions to air</b>				
Ammonia	40406000	mg		NH3 che non viene catturata dal biofiltro (efficienza del biofiltro): $0,69 \text{mg} / \text{Nm}^3 * 24000 \text{Nm}^3 / \text{h} * 2440 \text{h} / \text{a} = 4,0406E7 \text{mg}$ ore di funzionamento annue del CDR: 1976h/a quantità totale emessa dal biofiltro (0,99 efficienza del biofiltro): $0,69 * 24000 * 2440 = (1 - 0,99)$ del totale NH3 in ingresso nel biofiltro Totale= $0,69 * 24000 * 2440 / 0,01 = 4,0406E9 \text{mg}$
Particulates, < 2.5 um	1,41E+08	mg		EMISSIONI di particolato Il filtro a maniche presente nell'impianto di Imola abbatte le emissioni del 99%. Emissione di polveri al camino: 0,16mg/Nm3. Emissione totale in 1 anno: 0,16mg/Nm3*24000Nm3/h*2440h/a Da AP42 B.2 Appendix si ha la seguente distribuzione delle polveri Particulates, < 2.5 um: 15%; Particulates, > 2.5 um, and < 10um: 36%; Particulates, > 10 um: 49%.  Poiché nell'impianto di Baalbek non è presente un filtro a maniche le emissioni di Imola devono essere aumentate del 99%, il che equivale a dividere la loro quantità per 0,01. Di conseguenza l'emissione di Baalbek è: $(0,16 * 24000 * 2440 * 0,15) / 0,01$

Particulates, > 2.5 um, and < 10um	3,37E+08	mg		$(0,16*24000*2440*0,36)/0,01$
Particulates, > 10 um	4,59E+08	mg		$(0,16*24000*2440*0,49)/0,01$
Hydrocarbons, unspecified	26684	g		Quantità di olio lubrificante che viene disperso in aria: 1%.
Carbon dioxide, biogenic	17811000	kg		Dati da Greenhouse gas emission from mechanical and biological waste treatment of municipal waste, art. 2003 di J.Clemens e C. Cuhls: 140kg/t rifiuto trattato rifiuto trattato: 127218,19t.
<b>Emissions to water</b>				
Ammonium, ion	4235,5	kg		Ammonium, ion che si forma dall' NH3 catturata dal biofiltro e l'acqua del biofiltro: $NH_3+H_2O=NH_4+OH$ $NH_3=14+3=17$ numero moli NH3: $0,99*4,0406E3kg/17kg=235,3055$ moli $NH_4=14+4=18$ PesoNH4=235,3055moli*18=4235,5kg
<b>Emissions to soil</b>				
Oils, unspecified	1174100	g		Quantità di olio lubrificante che viene disperso nel suolo: 44%.
<b>Waste to treatment</b>				
Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 1/CH S	253,24	m <sup>3</sup>		Dati TMB Imola: 253,24t di percolato. Si fa l'ipotesi che il percolato venga inviato al depuratore e la differenza tra 17830,48 e 253,24t venga emesso in aria sotto forma di CO2 e H2O.
Disposal, filter dust Al electrolysis, 0% water, to residual material landfill/CH U	9,28E+08	mg		Supponiamo una efficienza del filtro del 99%; emissioni totali: $0,16*24000*2440/(1-0,99)$ ; polveri trattenute dal filtro: $0,6*24000*2440/(1-0,99)*0,99$ .
Disposal, used mineral oil, 10% water, to hazardous waste incineration/CH U	1470	kg		Si suppone che del lubrificante venga smaltito il 70%. Massa dell'olio minerale usato: $((200+20+2000+200)*865+(3+200+2+200+2+200+6+1+1+20+1+1+2)*900)=$ 2,6684E6g=2668,4 kg Massa di olio smaltito: 1470kg Percentuale di olio emesso in aria e suolo: $1-1470/2668,4=45\%$ Supponiamo che, di tale quantità, l'1% venga emesso in aria e il 44% venga emesso nel suolo.
Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 1/CH U	963,5	m <sup>3</sup>		Si suppone che tutta l'acqua utilizzata nel processo venga inviata al depuratore:851m3. All'acqua viene aggiunto il liquido antigelo R22.

Disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration/CH U	2	kg		Fine vita della schiuma auto espandente.
Disposal, separator sludge, 90% water, to hazardous waste incineration/CH U	3	ton		Fanghi delle fosse settiche: 3t.
Disposal, used mineral oil, 10% water, to hazardous waste incineration/CH U	42	kg		Fine vita della parte filtrante dei filtri dell'olio: 42kg.
<b>Process:</b>	<b><u>Riciclo delle frazioni della parte secca</u></b>			
<b>Comment:</b>	Frazione secca separata manualmente: 21900-8000-5140-3077 t I processi considerati includono attività di trasporto, recupero (cernita) e trattamento, ma non la produzione di un secondario da materiale riciclato.			
<b>Products</b>	<b>U.F.</b>	<b>Unit</b>	<b>Allocation</b>	<b>Comment</b>
Riciclo delle frazioni della parte secca	5683	ton	100%	Frazione secca separata manualmente: 21900-8000-5140-3077 t
<b>Waste to treatment</b>				
Recycling paper/RER U (con waste paper)	1862	ton		Riciclo della carta
Recycling mixed plastics/RER U (con waste paper)	1752	ton		Riciclo della plastica (si utilizza la densità della carta nelle valutazioni sui trasporti e sulle attività di trattamento)
Recycling glass/RER U (con glass cullet)	1478	ton		Riciclo del vetro (si utilizza la densità dei rottami di vetro, vetro misto)
Recycling aluminium/RER U (con aluminum scrap)	59,1	ton		Il peso totale dei metalli è 591t Si suppone che le percentuali siano le seguenti: 70% acciaio 20% rame 10% alluminio Riciclo dell'alluminio (si utilizza la densità dei rottami di alluminio).
Recycling steel and iron/RER U (con iron scrap)	413,7	ton		Riciclo dell'acciaio (si utilizza la densità dei rottami di ferro) .
Recycling copper/RER U (con iron scrap)	118,2	ton		Riciclo del rame (si utilizza la densità dei rottami di ferro).
<b>Process:</b>	<b><u>Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek</u></b>			

<b>Comment:</b>	<p>Dati disponibili relativi all'impianto di cogenerazione di Baalbek, provenienti dallo Studio di Fattibilità:                  Power produced from biogas: 5,5kWh/m<sup>3</sup>                  La potenza viene così distribuita: energia termica (43%), elettrica (37%) perdite (20%).                  energia termica: 800000m<sup>3</sup>/a *5,5kWh/m<sup>3</sup>*0,43=1892000 kWh                  energia elettrica: 800000m<sup>3</sup>/a *5,5kWh/m<sup>3</sup>*0,37=1628000 kWh                  energia persa: 800000m<sup>3</sup>/a* 5,5kWh/m<sup>3</sup>*0,2=880000 kWh</p> <p>È stato creato un processo multi-output partendo dai dati del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) e allocando tutti gli input e gli output attraverso un'allocazione energetica che tenga conto anche dell'energia persa. Infatti nello Studio di Fattibilità dell'impianto viene considerata anche questa quota parte d'energia. Il criterio di allocazione viene applicato anche agli impianti e all'emissione di calore disperso. Per la trasformazione dei dati di input e output (consumo di risorse ed emissioni) si usa il criterio di proporzionalità tra l'energia totale prodotta dal processo creato ad hoc e l'energia totale del processo di bancadati.</p>			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Energia elettrica da cogenerazione di Baalbek	1628000	kWh	37%	allocazione energia elettrica: 1628000/(1628000+1892000+880000) *100
Energia termica da cogenerazione di Baalbek	1892000	kWh	43%	allocazione energia termica: 1892000/(1628000+1892000+880000) *100
Energia persa da cogenerazione di Baalbek	880000	kWh	20%	allocazione energia persa 880000/(1628000+1892000+880000) *100
<b>Resources</b>				
<b>Materials/fuels</b>				
Cogen unit 160kWe, components for electricity only/RER/I U	0,079199	p		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Cogen unit 160kWe, common components for heat+electricity/RE R/I U	0,079199	p		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Cogen unit 160kWe, components for heat only/RER/I U	0,079199	p		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)	800000	m <sup>3</sup>		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Lubricating oil, at plant/RER U	475,2	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250)

				proporzionato.
<b>Electricity/heat</b>				
Nitrogen oxides	237,6	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Carbon monoxide, biogenic	760,31	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Carbon dioxide, biogenic	1322700	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Methane, biogenic	364,32	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	31,68	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Dinitrogen monoxide	39,6	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Sulfur dioxide	332,7	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Platinum	0,000111	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
Heat, waste	11938000	MJ		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
<b>Waste to treatment</b>				
Disposal, used mineral oil, 10% water, to hazardous waste incineration/CH U	475,2	kg		Dato del processo multi-output di Ecoinvent2 Bioenergy (pag. 250) proporzionato.
<b>Process:</b>	<b><i>Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)</i></b>			
<b>Comment:</b>	Il processo è stato creato modificando il processo multi-output " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> " (Ecoinvent2 Bioenergy pag. 186). L'allocazione sul trattamento del rifiuto organico (su base economica) nel processo originario era dell'81,76%, mentre il tale modifica del processo viene assunta del			

	71,76%. L'allocazione sul biogas nel processo originario è del 18,24% e viene mantenuta come tale. L'allocazione sul digested matter si sceglie del 10%. Si sceglie anche di eliminare tutte le emissioni nel suolo perché il digestato non viene sparso sul terreno come fertilizzante, ma viene ulteriormente trattato nel TMB. Inoltre, rispetto al processo originario di database, vengono annullati i processi che descrivono la raccolta e il trasferimento dei rifiuti fino all'impianto. In questo studio, infatti, la raccolta e il trasferimento dei RSU sono rappresentati da un processo costruito appositamente e richiamato dal processo principale.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Biowaste, to anaerobic digestion (multi-output)	1	kg	71,76%	Il processo di digestione anaerobica può essere pensato sia come un processo di trattamento dei rifiuti, sia come un processo di "produzione" di un prodotto (Ecoinvent2). Per questo motivo si utilizza una configurazione multi-output. Funzione di trattamento dei rifiuti organici.
Biogas, from biowaste, at storage (multi-output)	0,1	m <sup>3</sup>	18,24%	Il tasso di rendimento del processo di database " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> " (0,1 m3 di biogas/kg di rifiuto) corrisponde perfettamente al rendimento supposto per l'impianto di Baalbek (100 m3 di biogas/ton di rifiuti, se non viene aggiunto materiale organico pulito).
Digested matter (multi-output)	0,76	kg	10%	Il processo di bancadati indica come quantità di digestato prodotto il 71,2% in massa della quantità di rifiuto in ingresso. Esso è stato sostituito con il valore ricavato dai dati di Baalbek: 76%.
<b>Resources</b>				
Carbon dioxide, in air	0,595	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
<b>Materials/fuels</b>				
<b>Electricity/heat</b>				
Heat, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW/RER U	0,594	MJ		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Energia elettrica low voltage in Libano	0,04	kWh		Dato del processo di database " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> " coincidente con il dato di consumo energetico dell'impianto di Baalbek, in un'ipotesi pessimistica che prevede un consumo massimo.
Anaerobic digestion plant, biowaste/CH/I U	4E-09	p		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Diesel, burned in building machine/GLO U	0,018	MJ		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ". Si suppone che questa rappresenti l'energia necessaria per

				trasportare il digestato nell'impianto di biostabilizzazione.
<b>Emissions to air</b>				
Carbon dioxide, biogenic	0,705	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Methane, biogenic	0,00853	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Dinitrogen monoxide	9,98E-05	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Ammonia	0,000319	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Hydrogen sulfide	0,000245	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
Heat, waste	0,144	MJ		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
<b>Waste to treatment</b>				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,01	kg		Dato proveniente dal processo di Ecoinvent2 " <u>Biogas, from biowaste, at storage</u> ".
<b>Process:</b>	<u>Energia elettrica del Libano (production mix)</u>			
<b>Comment:</b>	Mix elettrico del Libano da IEA (2010). Non essendo presente nel database Ecoinvent la produzione di energia elettrica libanese (né come mix energetico, né tra le diverse modalità di produzione) si fa riferimento alla dicitura "Resto del mondo" ( <i>Rest of World, RoW</i> ). Si ricorre in tal caso al database Ecoinvent.3.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Energia elettrica del Libano (production mix)	1	kWh	100%	Mix elettrico del Libano da IEA (2010).
<b>Electricity/heat</b>				
Electricity, high voltage {RoW}  electricity production, oil   Alloc Def, U	0,818	kWh		81,8% en. elettrica da olio combustibile
Electricity, high voltage {RoW}  electricity production, natural gas, 10MW   Alloc	0,058	kWh		5,8% en. elettrica da gas naturale

Def, U				
Electricity, high voltage {RoW}  electricity production, hydro, pumped storage   Alloc Def, U	0,049	kWh		4,9% en. elettrica da idroelettrica
Electricity, high voltage {UCTE}  production mix   Alloc Def, U	0,075	kWh		7,5% en. elettrica importata
<b>Process:</b>	<u><b>Energia elettrica high voltage del Libano</b></u>			
<b>Comment:</b>	<p>Mix elettrico del Libano da IEA (2010)                  Le linee di trasmissione e le emissioni dovute ai campi elettromagnetici sono state ricavate dal processo <u>Electricity, high voltage {RoW}  market for   Alloc Def, U.</u>                  l'Unità Funzionale del production mix è ricavata dal processo <u>Electricity, high voltage, production RER, at grid/RER U.</u></p>			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Energia elettrica high voltage del Libano	1	kWh	100%	
<b>Resources</b>				
<b>Materials/fuels</b>				
Transmission network, long-distance {GLO}  market for   Alloc Def, U	3,17E-10	km		Dati svizzeri calcolati in base alla capacità delle linee elettriche di 1GWh, al valore di carico del 60% e alla durata di vita della rete di 30 anni (vedi Frischknecht et al. 2007).
Transmission network, electricity, high voltage {GLO}  market for   Alloc Def, U	6,58E-09	km		Dati svizzeri calcolati in base all'energia trasportata a questo livello di tensione (60,129 GWh) e alla lunghezza media della linea elettrica ad alta tensione in Svizzera (cavi e linee aeree - 15831 km). La durata si presume di 40 anni. (Itten&Frischknecht 2012, Tab. 4.1 e Tab. 4.3)
<b>Electricity/heat</b>				
Energia elettrica del Libano (production mix)	1,0102	kWh		Coefficiente estratto da <u>Electricity, high voltage, production RER, at grid/RER U.</u>
<b>Emissions to air</b>				
Ozone	4,16E-06	kg		
Dinitrogen monoxide	0,000005	kg		
<b>Process:</b>	<u><b>Energia elettrica medium voltage in Libano</b></u>			

<b>Comment:</b>	Unità Funzionale di Rete, Sulfur esafluoride ed emissioni ricavate da <u>Electricity, medium voltage {RoW}  market for   Alloc Def, U.</u> Unità Funzionale dell'energia ad alta tensione ricavata da <u>Electricity, medium voltage {RoW}  electricity voltage transformation from high to medium voltage   Alloc Def, U.</u>			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Energia elettrica medium voltage in Libano	1	kWh	100%	
<b>Resources</b>				
<b>Materials/fuels</b>				
Sulfur hexafluoride, liquid {GLO}  market for   Alloc Def, U	1,6E-07	kg		
Transmission network, electricity, medium voltage {GLO}  market for   Alloc Def, U	1,86E-08	km		Dati svizzeri calcolati in base all'energia trasportata a questo livello di tensione (57268 GWh) e alla lunghezza media della linea elettrica a media tensione in Svizzera (cavi e linee aeree - 42671 km). La durata si presume di 40 anni. (Itten&Frischknecht 2012, Tab. 4.1 e Tab. 4.3.)
<b>Electricity/heat</b>				
Energia elettrica high voltage del Libano	1,009466	kWh		Unità Funzionale da: <u>Electricity, medium voltage {RoW}  electricity voltage transformation from high to medium voltage   Alloc Def, U:</u> 1,00946553665723
<b>Emissions to air</b>				
Sulfur hexafluoride	1,6E-07	kg		
<b>Process:</b>	<u><i>Energia elettrica low voltage in Libano</i></u>			
<b>Comment:</b>	Unità Funzionale di Rete, Sulfur esafluoride ed emissioni ricavate da <u>Electricity, low voltage {RoW}  market for   Alloc Def, U.</u> Unità Funzionale dell'energia a media tensione ricavata da <u>Electricity, low voltage {RoW}  electricity voltage transformation from medium to low voltage   Alloc Def, U</u>			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Energia elettrica low voltage in Libano	1	kWh		
<b>Resources</b>				
<b>Materials/fuels</b>				
Sulfur hexafluoride, liquid {GLO}  market for   Alloc Def, U	9,09E-09	kg		

Distribution network, electricity, low voltage {GLO}  market for   Alloc Def, U	8,74E-08	km		Dati svizzeri calcolati in base all'energia trasportata a questo livello di tensione (36796 GWh) e alla lunghezza media della linea elettrica a bassa tensione in Svizzera (cavi e linee aeree - 128646 km). La durata si presume di 40 anni. (Itten&Frischknecht 2012, Tab. 4.1 e Tab. 4.3)
<b>Electricity/heat</b>				
Energia elettrica medium voltage in Libano	1,028825	kWh		Unità Funzionale da: <u>Electricity, low voltage {RoW}  electricity voltage transformation from medium to low voltage   Alloc Def, U:</u> 1,02882485782013
Costo dell'Energia elettrica di rete del Libano	1	kWh		Costo dell'energia elettrica di rete del Libano gestita dall'EDL.
<b>Emissions to air</b>				
Sulfur hexafluoride	9,09E-09	kg		
<b>Process:</b>	<u><b>Costo dell'Energia elettrica di rete del Libano</b></u>			
<b>Comment:</b>	Costo dell'energia elettrica di rete del Libano gestita dall'EDL.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo dell'Energia elettrica di rete del Libano	1	kWh	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	0,03	p		Costo unitario dell'energia elettrica di rete del Libano.
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di investimento TMB</b></u>			
<b>Comment:</b>	Il costo di investimento dell'impianto TMB riferito ad una durata di vita di 15 anni.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo di investimento TMB	1	p	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	2220475	p		Il costo stimato dell'impianto TMB riferito ad una durata di vita di 15 anni.
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di gestione TMB</b></u>			
<b>Comment:</b>	Costo di gestione dell'impianto TMB riferito al primo anno di gestione.			
<b>Products</b>	U.F.	<b>Products</b>	U.F.	<b>Products</b>
Costo di gestione TMB	1	p	100%	
<b>Economic issues</b>				

Costo in euro	472140	p		Il costo di gestione dell'impianto TMB riferito al primo anno di gestione.
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di investimento Biogas Facility</b></u>			
<b>Comment:</b>	Il costo di investimento dell'impianto BF riferito ad una durata di vita di 15 anni.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo di investimento Biogas Facility	1	p	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	1000000	p		Costo di investimento Biogas Facility.
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di gestione Biogas Facility</b></u>			
<b>Comment:</b>	Il costo di gestione dell'impianto Biogas Facility riferito al primo anno di gestione.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo di gestione Biogas facility	1	p	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	112948	p		Il costo di gestione dell'impianto BF riferito al primo anno di gestione.
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di investimento discarica</b></u>			
<b>Comment:</b>	Il costo di investimento della discarica riferito ad una durata di vita di 15 anni.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo di investimento discarica	1	p	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	4665200	p		Il costo stimato della discarica riferito ad una durata di vita di 15 anni: -investimento iniziale per la costruzione delle prime due celle: 3857633 € -investimento per la costruzione della terza cella: 807577 €
<b>Process:</b>	<u><b>Costo di gestione discarica</b></u>			
<b>Comment:</b>	Il costo di gestione della discarica riferito al primo anno di gestione.			
<b>Products</b>	U.F.	Unit	Allocation	Comment
Costo di gestione Biogas facility	21213	ton	100%	
<b>Economic issues</b>				
Costo in euro	391000	p		Il costo di gestione della discarica riferito al primo anno di gestione.

## *Bibliografia*

- AGREEMENT between THE GOVERNMENT OF THE ITALIAN REPUBLIC And THE GOVERNMENT OF THE LEBANESE REPUBLIC Concerning The Integrated Waste Management of Baalbek Caza. (2010, July 9th). Beirut, Lebanon.
- Bengt, S. (1999). A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS), version 2000.
- Central Administration of Statistics. (2008). *Lebanon in Figures*. Republic of Lebanon.
- COEFFICIENTI DI AMMORTAMENTO IMMOBILIZZAZIONI MATERIALI, D.M. 31/12/1988. (s.d.).
- Cooperazione Italiana. (2013). *Management of Recyclable Material for Lebanese Municipalities\_Handbook for the proper preparation, handling, processing & selling of recyclable materials in Lebanon*.
- Coordinamento Ambientalista Rifiuti Piemonte. (2013, Agosto 15). *Impianti di trattamento TMB*. Tratto il giorno Marzo22 2014 da <http://www.carp-ambiente-rifiuti.org/?q=node/1234>.
- Council for Development and Reconstruction. (October 2009). *Progress Report*. Republic of Lebanon.
- Council for Development and Reconstruction. *Work Program 2006-2009*. Republic of Lebanon.
- De Nardo, F., & Acaf, E. (2010). *SCAVENGING in South Lebanon*.
- Earl, S., Garden, F., & Smutylo, T. (2001). Outcome Mapping, Building Learning and Reflection into Development Programs. *International Development Research Centre*, <http://www.idrc.ca>.
- El-Fadel, M., & Khoury, R. (2001). *Municipal Solid Waste Management in Lebanon: Impact Assessment, Mitigation, and the Need for Integrated Approach*. United States Agency for International Development, Water Resources Center, American University of Beirut.
- Epstein, E. (2011). *Industrial Composting\_Environmental Engineering and Facilities Management*.
- Francia, E. (2012). ANALISI DEL PROGETTO PILOTA PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI NELVILLAGGIO DI AL JALAMEH (JENIN). Bologna, Italia.
- GEOflint. (2011). *ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT\_Solid Waste Treatment Facility Baalbek City, Mohafazat of Bikaa, Lebanon*.
- Gotaas, H. (1956). *Composting-Sanitary Disposal and Reclamation of Solid Wastes*. Geneva, Switzerland: World Health Organisation (WHO).
- Investment Development Authority of Lebanon (IDAL). (s.d.). TAXATION SCHEMES IN LEBANON.
- Italia, Istituto Nazionale Commercio Estero. (2010). *Libano, rapporti paesi congiunti*.
- Jadam, J. (2010). *Solid Waste\_State and Trends of the Lebanese Environment*.
- Jones, H., & Hearn, S. (2009). Outcome Mapping: a realistic alternative for planning, monitoring and evaluation. *Overseas Development Institute*, [www.odi.org.uk](http://www.odi.org.uk).

- McBean, E. A., Rovers, F. A., & Farquhar, G. J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Ministry for the Environment New Zealand. (2004, March). *Landfill Full Cost Accounting Guide for New Zealand*. Tratto il giorno March 21, 2014 da [www.mfe.govt.nz](http://www.mfe.govt.nz).
- Ministry of Environment. (2011). *Review of the effectiveness of the waste disposal levy, 2011*.
- Ministry of Environment, University of Balamand, ELARD. (2005). State of the Environmental Legislation Development and Application System.
- MoE (Ministry of Environment). (2001). *Decision 8/1. National Standards for Environmental Quality*. Beirut, Lebanon: Ministry of Environment.
- MoE (Ministry of Environment). (2001). *Lebanon State of the Environment Report*. Ecodit, Ministry of Environment, Lebanon.
- MoE (Ministry of Environment). (1996). *Proposed Law number 1/52. Standards and regulations for limiting air, water and soil pollution*. Beirut, Lebanon: Ministry of Environment.
- MOE. (March 2010). Lebanon Country Environmental Analysis on municipal solid waste, Draft version no.7.
- Monzini, J. (2014). Municipalities and Waste management in Lebanon. *COURTESY OF WORLD ENVIRONMENT MAGAZINE*.
- Neri, P. (2009). *Analisi Ambientale della gestione dei rifiuti con il metodo LCA*. Bologna: CNR Area ricerca Bologna.
- Neri, P. (2010). L'analisi ambientale dei prodotti agroalimentari con il Metodo del Life Cycle Assessment. ARPA Sicilia.
- Neri, P. (2009). L'analisi ambientale della gestione dei rifiuti con il metodo LCA. CNR Area Ricerca Bologna.
- Neri, P. (2007). Verso la valutazione ambientale degli edifici. Firenze: Alinea.
- Pichtel, J. (2005). The Sanitary Landfill. In *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*.
- Pittalis, C. (2009). I rifiuti inerti da C&D: tecnologie di riciclaggio e applicazione della metodologia LCA per la produzione di inerte stabilizzato. Bologna, Italia.
- Presidency of the Council of Ministers (PCM). (4 May 2007). Lebanon: On the Road to Reconstruction and Recovery.
- Repetto, P. C. (2007). Landfills. In *The Handbook of Groundwater Engineering*.
- Scarpellini, S. (2013). ANALISI AMBIENTALE ED ECONOMICA DELL'INCENERITORE DI BERGAMO CON IL METODO DELL'ANALISI DEL CICLO DI VITA(LCA).
- Studio Azue. (December 2011). *FEASIBILITY STUDY, Design and Construction of a Biogas Digester - Baalbek*.
- SWEEP-Net. (2010). *COUNTRY REPORT ON THE SOLID WASTE MANAGEMENT IN LEBANON*.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Techniques*. New York, USA: McGraw-Hill.

Tersigni, C. (2011). *INTEGRATED MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT PROJECT\_MISSION REPORT*.

UNDP-ELARD. (2007). *Lebanon Rapid Environmental Assessment for Greening Recovery, Reconstruction and Reform, 2006*.

World Bank. (2010). *Draft Country Environmental Analysis Lebanon*.

World Bank. (2009, December). *ENERGY EFFICIENCY STUDY IN LEBANON*.

Zogaib, A. (. (2007). *Local Authority success in waste management an Environmental Challenge\_Zahle Solid Waste Management Facilities LEBANON*. Zahleh.